

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 697.1

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Валерій ДЕШКО  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

на тему: «Підвищення енергоефективності дитячого садочку та моделювання енер-  
госпоживання з використанням сучасного програмного забезпечення»

Виконала: студентка II курсу, групи ОТ – 391мп  
(шифр групи)

Даценко Ольга Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Шовкалюк М.М.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. \_\_\_\_\_

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. \_\_\_\_\_

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. \_\_\_\_\_

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут (факультет)** Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

**Кафедра** Теплотехніки та енергозбереження  
(повна назва)

**Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

**Спеціальність** 144 «Теплоенергетика»  
(код і назва)

**Освітньо-професійна програма** «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валерій ДЕШКО  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту

Даценко Ользі Олександрівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** «Аналіз ефективності пасивних систем сонячної енергії»

\_\_\_\_\_,  
**науковий керівник дисертації** Шовкалюк Марина Михайлівна, к.т.н, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**затверджені наказом по університету від** «03» 11 2020 р. № 3198-с

**2. Термін подання студентом дисертації** 07 грудня 2020 р.

**3. Об'єкт дослідження** дитячий садок в місті Київ

**4. Вихідні дані до магістерської дисертації:** площа будівлі – 4248,3 м<sup>2</sup>, об'єм будівлі – 15199 м<sup>3</sup>, висота – 7,35 м, опори теплопередачі огорожуючих конструкцій: зовнішні стіни – 0,99 Вт/(м<sup>2</sup>·К), дах – 3,158 Вт/(м<sup>2</sup>·К), підлога – 1,206 Вт/(м<sup>2</sup>·К), світлопрозорі елементи – 0,5 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити** 1) загальні відомості про об'єкт дослідження; 2) інжиніринг енергетичних систем будівлі; 3) методи та засоби управління енергоспоживанням; 4) енергоменеджмент та моніторинг; 5) стартап-проект «система автоматизованого обліку енергоносіїв у дитячому садку».

**6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:**

3 аркуші формату А1 - поверхові плани, план ІТП, однолінійна схема живлення, Презентація 15-20 слайдів.

**7. Орієнтовний перелік публікацій****8. Консультанти розділів дисертації**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

**9. Дата видачі завдання 02.09. 2020 р.****Календарний план**

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Загальні відомості про об'єкт дослідження</i>	<i>20.10 2020 - 24.10. 2020</i>	
2	<i>Інжиніринг енергетичних систем</i>	<i>20.10 2020 - 08.11. 2020</i>	
3	<i>Науково-дослідний інжиніринг</i>	<i>20.10 2020 - 08.11. 2020</i>	
4	<i>Енергоменеджмент та моніторинг</i>	<i>27.10 2020 - 08.11. 2020</i>	
5	<i>Стартап-проект</i>	<i>20.10 2020 - 08.11. 2020</i>	
6	<i>Нормативне оформлення магістерської дисертації</i>	<i>20.10 2020 - 08.11. 2020</i>	
7	<i>Попередній захист</i>	<i>03.12 2020 - 12.12. 2020</i>	

**Студент**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

О.О. Даценко  
(ініціали, прізвище)

**Науковий керівник дисертації** \_\_\_\_\_  
(підпис)

М.М. Шовкалюк  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Підвищення енергоефективності дитячого садочку та моделювання енергоспоживання з використанням сучасного програмного забезпечення» складається з 99 сторінок, 28 рисунків, 49 таблиць, а також містить 42 джерел в переліку посилань.

Актуальність теми полягає у використанні сучасних методів моніторингу споживання енергоресурсів для прийняття найбільш ефективних управлінських рішень з точки зору енергоефективності.

Метою роботи є дослідження енергоспоживання будівлі на прикладі дитячого садка та впровадження заходів з енергозбереження.

Завдання дослідження – провести енергоаудит дитячого садку, розрахувати навантаження на систему опалення та електропостачання, визначити шляхи підвищення енергоефективності будівлі та провести розрахунок доцільності проведення заходів з енергозбереження, розробити систему автоматизованого обліку енергоносіїв.

Об'єкт дослідження – дитячий садочок у м. Києві серійних часів забудови.

В ході роботи виконано детальне енергетичне обстеження, що включало:

- збір вихідних даних щодо характеристик будівлі, її огорожувальних конструкцій та внутрішньобудинкових інженерних систем;
- збір даних щодо енергоспоживання об'єкту;
- вивчення режимів експлуатації;
- уточнення геометричних характеристик будівлі;
- розрахунки теплотехнічних показників огорожень,
- дослідження умов мікроклімату будівель,
- виконання необхідних інструментальних вимірювань і розрахунків;
- визначення питомих енергетичних характеристик;

- розробка економічно обґрунтованих заходів з енергозбереження з доведенням характеристик огорожень до нормативних вимог;
- моделювання енергоспоживання будівлі в спеціалізованому програмному продукті з визначенням енергетичних характеристик;
- розробка пропозицій щодо розвитку системи енергетичного менеджменту.

Предмет дослідження – аналіз доцільності проведення заходів з енергозбереження в сферах тепло- та електропостачання в дитячому садку в місті Київ з використанням сучасного програмного забезпечення.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у розробці системи автоматизованого обліку енергоносіїв у дитячому садку.

Отримані результати, запропоновані методики та підходи можуть використовуватись для аналізу енергоспоживання інших будівель.

**Ключові слова:** енергетичний аудит; енергозбереження; споживання теплової та електричної енергії.

## ABSTRACT

The master's dissertation "Improving the energy efficiency of kindergarten and modeling energy consumption using modern software" consists of 99 pages, 28 figures, 49 tables, and also contains 42 sources in the list of references.

The relevance of the topic is to use modern methods of monitoring the consumption of energy resources to make the most effective management decisions in terms of energy efficiency.

The purpose of the work is to study the energy consumption of the building on the example of a kindergarten and the implementation of energy saving measures.

The task of the research is to conduct an energy audit of the kindergarten, calculate the load on the heating and electricity supply system, determine ways to increase the energy efficiency of the building and calculate the feasibility of energy saving measures, develop an automated energy metering system.

The object of research is a kindergarten in Kyiv of serial times of construction.

In the course of the work a detailed energy audit was performed, which included:

- collection of initial data on the characteristics of the building, its enclosing structures and indoor engineering systems;
- collection of data on energy consumption of the facility;
- study of operating modes;
- specification of geometrical characteristics of the building;
- calculations of thermal indicators of protections,
- study of the microclimate of buildings,
- performance of necessary instrumental measurements and calculations;
- determination of specific energy characteristics;
- development of economically justified measures for energy saving with bringing the characteristics of fences to regulatory requirements;
- modeling of energy consumption of the building in a specialized software product with the definition of energy characteristics;

- development of proposals for the development of the energy management system.

The subject of the research is the analysis of the expediency of carrying out energy saving measures in the spheres of heat and electricity supply in a kindergarten in the city of Kyiv with the use of modern software.

The scientific novelty of the master's dissertation is to develop a system of automated energy accounting in kindergarten.

The obtained results, proposed methods and approaches can be used to analyze the energy consumption of other buildings.

**Key words:** energy audit; energy saving; consumption of thermal and electric energy.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	11
ВСТУП.....	13
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	18
1.1 Загальні відомості про будівлю .....	18
1.2 Призначення будівлі.....	20
1.3 Система обліку енергоносіїв.....	20
1.4 Річне споживання енергоносіїв в 2017 – 2019 рр. ....	21
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ .....	27
2.1 Візуальне обстеження об’єкта (загальна характеристика, склад, загальний стан) .....	27
2.2 Система водопостачання і каналізації.....	30
2.3 Система вентиляції і кондиціювання .....	30
2.4 Опис системи теплопостачання .....	31
2.5 Розрахунок потужності системи опалення .....	31
2.5.1 Розрахунок втрат теплоти через огорожувальні конструкції.....	31
2.5.2 Додаткові втрати теплоти.....	36
2.5.3 Розрахункова потужність системи опалення .....	37
2.6 Аналіз змін тарифів на теплову енергію .....	37
2.7 Заходи з енергозбереження в сфері теплопостачання.....	38
2.7.1 ЗЕЗ №1 Заміна вікон на нові металопластикові.....	38
2.7.2 ЗЕЗ №2 Утеплення зовнішніх стін.....	41
2.7.3 ЗЕЗ №3 Утеплення даху .....	44
2.7.4 ЗЕЗ №4 Утеплення підлоги .....	46
2.7.5 ЗЕЗ №5 Модернізація індивідуального теплопункту .....	48
2.8 Опис системи електропостачання .....	50
2.8.1 Зовнішня система електропостачання .....	50
2.8.2 Внутрішня система електропостачання .....	51
2.8.3 Трансформаторна підстанція .....	51



2.9 Споживачі електричної енергії .....	52
2.10 Розрахунок електричних навантажень об'єкта .....	53
2.11 Баланс річного споживання енергії .....	54
2.12 Тарифи на споживану електричну енергію .....	56
2.13 Заходи з енергозбереження в сфері електропостачання .....	57
2.13.1 ЗЕЗ №6 Заміна ламп на світлодіодні .....	58
2.13.2 ЗЕЗ №7 Встановлення датчиків руху .....	61
2.13.3 ЗЕЗ №8 Заміна кухонного обладнання .....	63
2.13.4 ЗЕЗ №9 Відмова від масляних калориферів .....	65
Висновки по розділу .....	66
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ .....	68
3.1 Моніторинг та аналіз енергоспоживання .....	68
3.2 Моделювання в спеціалізованих програмних продуктах.....	69
3.2.1 Огляд існуючого програмного забезпечення .....	69
3.2.2 Моделювання в програмному середовищі RETScreen .....	70
Висновки до розділу.....	76
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ .....	77
Висновки до розділу.....	79
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ «СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ У ДИТЯЧОМУ САДКУ».....	80
5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	80
5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту.....	81
5.3 Аналіз конкурентного середовища.....	82
5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту .....	83
5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	83
5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту .....	84
5.6.1 Прямі матеріальні витрати .....	84
5.6.2 Витрати на оплату праці.....	85

5.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань.....	86
5.6.4 Інші прямі витрати	87
5.6.5 Загальновиробничі витрати.....	87
5.6.6 Умовно-змінні витрати.....	87
5.6.7 Умовно-постійні витрати .....	88
5.6.8 Накладні витрати .....	88
5.6.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту...	88
5.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї .....	89
5.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології .....	89
5.9 Цільові групи потенційних споживачів .....	90
5.10 Канали збуту .....	91
Висновки до розділу.....	92
ВИСНОВКИ .....	94
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	96

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

### СКОРОЧЕННЯ

РК – районна котельня;  
ЕП – електроприймач;  
ДНаТ – дугові трубчасті натрієві лампи ;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
ЕМ – енергетичний менеджмент;  
ОК – огорожувальні конструкції.

### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$B$  – витрата палива;  
 $B_e$  – питомі експлуатаційні витрати на паливо;  
 $Q$  – теплота;  
 $Q_{нр}$  – нижча робоча теплота згорання палива;  
 $Q_{оq}$  – питома опалювальна характеристика будівлі;  
 $t_{вн}$  – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;  
 $t_{p.o}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;  
 $\delta$  – товщина;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;  
 $\rho$  – густина.

### ІНДЕКСИ

$b$  – базовий;  
 $вн$  – внутрішній;  
 $з$  – зовнішній;  
 $о,в$  – опалення та вентиляція;  
 $сер$  – середній.

## ТЕРМІНИ

*Енергетичний баланс* – система взаємопов’язаних показників, що характеризують ресурси, виробництво та використання всіх видів палива та енергії.

*Індивідуальний тепловий пункт* – комплекс пристроїв, призначений для приєднання будинкових систем опалення, гарячого водопостачання (ГВП) та вентиляції до тепломережі.

*Теплоізоляційна оболонка будинку* – система огорожувальних конструкцій будинку, що забезпечує збереження теплоти для опалення приміщень.

*Енергетична ефективність будівлі* – властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.

*Заходи із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель* – будівельні роботи, результатом виконання яких є підвищення тепло-технічних показників огорожувальних конструкцій будівель та/або показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами.

*Обстеження інженерних систем* – проведення збору та аналізу інформації щодо фактичного стану інженерних систем і їх елементів (у тому числі обладнання), за результатом якого встановлюються фактичні показники енергетичної ефективності систем та визначається їх відповідність встановленим вимогам.

## ВСТУП

Підвищення енергоефективності – важливе завдання інноваційного розвитку економіки України. Житлово-комунальне господарство (ЖКГ) – одна з найбільш важливих сфер економіки країни, що забезпечує необхідні умови для функціонування господарського комплексу населених пунктів. Будівлі відносяться до найбільших споживачів енергоресурсів (до 40%). Необхідність скорочення енергоспоживання будівель обумовлюється зростанням вартості палива та потребою у зменшенні впливу на довкілля. Впровадження у законодавчу та нормативну базу вимог до підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ є інструментом впливу на зниження споживання ресурсів та зменшення енергетичної залежності держави.

Енергоефективні технології доцільно впроваджувати не тільки на стадії проектування і вибору конструктивних рішень, але й під час експлуатації житлового фонду. При значних витратах на енергопостачання існуючих будівель в Україні рівень теплового комфорту в них не дотримується у відповідності із санітарними вимогами. Тому питання підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ є актуальною проблемою.

Метою впровадженої з 2002 Директиви ЄС [1] стало сприяння покращенню енергетичної ефективності будівель з урахуванням зовнішніх кліматичних та місцевих умов, а також вимог щодо клімату у приміщеннях та рентабельності. Згідно з оновленою Директивою ЄС [2] встановлено вимоги до енергетичної сертифікації будівель та методології розрахунку комплексної енергоефективності будівель. Також в ЄС розроблено низку стандартів, зокрема: EN 15316-2-1:2007 [3], що нормує ефективність систем опалення; EN 15217:2007 [4], який забезпечує методи для визначення енергетичної ефективності будівель з урахуванням тепло споживання інженерних систем, а також оцінки ступеню автоматизації; EN 15232:2007 [5], що визначає вимоги до інженерних систем будівель з урахуванням класів енергоефективності; EN 12831:2003 [6], що містить порядок розрахунку теплової потужності систем водяного опалення; EN

13829 [7], EN 14501 [8], EN 13779 [9] – надають можливість порівняння показників енергоефективності будівель та їх енергетичної сертифікації; за EN 7730 [10] проводиться нормування мікроклімату приміщень, EN 15603:2008 [11] наводить методологію оцінки загального енергоспоживання та типи рейтингів для оцінки енергетичної ефективності будівель, EN 13790 [12] надає методи для розрахунку витрат енергії, а також врахування впливу теплових втрат [13].

Розроблена в Україні система нормативних документів направлена на стимулювання впровадження ефективних технічних рішень у практику будівництва. На сьогодні з урахуванням підходів ЄС розроблено низку стандартів, що регламентують вимоги до методів оцінювання показників енергоефективності, енергопаспортизації та сертифікації будівель [14-20]. Розроблено та прийнято велику кількість державних стандартів за різними напрямками (енергоощадність [21], нормування витрат і втрат, енергетичне маркування, енергоаудит [22], енергоменеджмент [23], мікроклімат [24] тощо).

Незважаючи на значну кількість розроблених нормативно-правових актів у сфері енергоефективності, діяльність щодо удосконалення нормативно-правової бази продовжується. Огляд розвитку законодавчої та нормативної бази ЄС та України стосовно підвищення енергоефективності ЖКГ є актуальним питанням.

Нормативно-правові акти, що регулюють діяльність в сфері ЖКГ, розрізняють:

- по юридичній силі: закони та підзаконні акти;
- по змісту (енергетика, екологія, енергоменеджмент тощо),
- по об'єму та характеру дії: акти загальної та обмеженої дії,
- по суб'єктам, що їх видають: загальні (укази Президента, постанови і розпорядження Кабінету Міністрів); відомчі (накази, інструкції міністерств, державних служб, інспекцій, агентств); місцеві (рішення місцевих державних адміністрацій; накази керівників державних установ); внутрішньоорганізаційні.

Правові відносини у цій сфері регулюються законами України: Про електроенергетику, Про теплоенергетику, Про енергозбереження, Про особливості здійснення права власності у будинку, Про альтернативні види палива, Про альтернативні джерела енергії, Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію), а також Енергетичною стратегією України на період до 2030 року та ін.

Розроблено нові законопроекти, підзаконні акти та стандарти, які мають унормувати низку питань, зокрема, таких, як стимулювання енергоефективності у бюджетних установах; організацію енергоаудиту, енергоменеджменту тощо. У 2015 р. прийнято Закони України щодо укладання енергосервісних договорів [25,26] та ряд підзаконних нормативно-правових актів [27]. Механізм дозволить залучати інвестиції для бюджетних установ та створити ринок енергосервісу. Також розроблено проекти законів:

«Про комерційний облік комунальних послуг» для забезпечення захисту прав споживачів у сфері комунальних послуг шляхом запровадження обов'язкового обліку теплової енергії, гарячої та питної води;

«Про енергоефективність будівель», яким передбачено вимога сертифікації енергетичної ефективності будівель;

«Про Фонд енергоефективності».

Законодавством України передбачено державну підтримку у сфері енергоефективності: пряме бюджетне фінансування; звільнення від ПДВ, ввізного мита; звільнення частини прибутку від оподаткування; установлення спеціального тарифу на електроенергію; надання державних гарантій під кредитні лінії. Із впровадженням нових законів тема енергоефективності будівель стане в майбутньому вирішальною також і для забудовників.

Розроблено велику кількість нормативно-правових актів різного рівня. Етапи розвитку нормативної бази у сфері енергоефективності будівель [28]:

- 1994-1996 р. – підвищено вимоги до опору теплопередачі огорожувальних конструкцій (у 2-2,5 рази) житлових та громадських будівель;
- 2006-2007 р.р – введено нові будівельні норми з енергоефективності;

- 2008-2011 р.р. – створена система норм та стандартів з регламентації вимог та методів контролювання показників енергоефективності;
- 2012 –2013 р.р. – гармонізація з європейськими нормами;
- 2014-2016 р.р. – введення нових методологічних положень та стандартів з оцінювання показників енергоефективності будівель.

Україна з 01.02.2011р. долучилася до Договору про Енергетичне Співтовариство та інших європейських ініціатив, де скорочення питомого споживання енергоресурсів є одним із найважливіших напрямів енергетичної політики. Сьогодні в країні діють: державні, регіональні, галузеві цільові програми підтримки енергоефективності, розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива. З 2014р. розпочато поступове приведення тарифів на газ, електро- та теплоенергію до економічно обґрунтованих. Розпочато впровадження закону «Про засади функціонування ринку електричної енергії».

Розглянемо далі детальніше деякі з основних стандартів у сфері енергоефективності будівель. ДБН В.1.2-11:2008 [29] на системному рівні встановлює основні вимоги до економії енергії під час проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів, формулює вимоги до нормативних документів всіх наступних рівнів в даній галузі. На базі [20] створюються нормативні документи рівня ДСТУ та ДСТУ-Н.

ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 [14] направлений на виконання вимог Директиви 2010/31/EU щодо енергетичної ефективності будівель, яка передбачає прийняття на національному рівні процедуру енергетичної сертифікації і надає методику розрахунку потреби в енергії згідно [19]. Згідно ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 [15] розрахунки енергоефективності представлені на різних рівнях: енергопотреба; енергоспоживання; доставлена енергія; первинна енергія/викиди CO<sub>2</sub>. Стандарт ДСТУ Б В.2.2-39:2016 [22] встановлює вимоги до методів проведення енергетичного аудиту будівель (розрахунковий, розрахунково-вимірний, експлуатаційний), їх інженерних систем, до складу робіт, аналізу результатів, оформлення звітної документації. ДБН В.2.5-67:2013 [30]



встановлюють вимоги до проектування інженерних систем, енергоефективності, безпеки, охорони довкілля.

ДСТУ ISO 50001:2020 [23] установлює вимоги щодо розроблення, впровадження та поліпшення системи енергетичного менеджменту, що призначена надати організації можливість реалізувати систематизований підхід до досягнення постійного підвищення рівня енергетичної ефективності. Охоплює вимірювання, документацію та звітність, проектування та методики проведення закупівель у сфері управління енергоефективністю.

Потенціал енергозбереження будівельних об'єктів України є високим, для його реалізації розроблено та впроваджено цілу низку законодавчих та нормативно-правових документів, що регламентують вимоги стосовно підвищення енергоефективності в сфері ЖКГ. Робота в цьому напрямку продовжується, зокрема відбувається гармонізація нормативної бази України з європейською. Невиконання прийнятих нормативно-правових актів, програм і заходів призводить до стримування реалізації потенціалу.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом енергоаудиту є дитячий садок що знаходиться в місті Київ (надалі – дитячий садок). За адміністративною належністю – це дитячий дошкільний заклад загального типу. Дитячий садок зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Дитячий садок

### 1.1 Загальні відомості про будівлю

Існуюча будівля двоповерхова. Рік будівництва – 1983р. Під всією будівлею розташований підвал з висотою 2980-1680мм, в якому розміщені технічні приміщення (венткамера, тепlopункт, овочесховище, прокладені інженерні комунікації). Висота наземних поверхів 2990мм та 2980мм. Тіньові навіси груп прибудовані по торцям будівлі та мають безпосередній зв'язок з груповими осередками.

Опис існуючих огорожуючих конструкцій:

- Фундаменти – стаканного типу;

- Зовнішні стіни – керамічні блоки, товщиною 430мм з внутрішнім та зовнішнім оздобленням;
- Каркас – неповний каркас, елементи із збірного з/б на основі типової серії ИИ-04;
- Покрівля – суміщене покриття, залізобетонні круглопустотні панелі перекриття товщиною 220мм з утепленням керамзитом з подальшим влаштуванням цементно-піщаної стяжки та влаштуванням шарів рулонного покриття;
- Покрівля тіньових навісів – азбестоцементні хвилясті листи по дерев'яній обрешітці та дерев'яним кроквам;
- Водовідведення з покрівлі – внутрішнє через покрівельні воронки;
- Зовнішнє оздоблення – поверхня стін оздоблена керамічною плиткою на цементно-піщаній суміші, товщиною 30мм;
- Вікна – ПВХ з двокамерними склопакетами, лише одне вікно з однокамерним склопакетом, підвіконня – бетонні, відливи – металеві;
- Зовнішні двері – металопластикові;
- Благоустрій – навколо будівлі виконано мощення з асфальтобетонного покриття з бортовим каменем.

Будівля обладнана такими інженерними мережами: централізованим опаленням, вентиляцією, холодним та гарячим водопостачанням, каналізуванням, електропостачанням, телефонізацією та радіофікацією.

Кожен груповий осередок обладнано додатковим евакуаційним виходом на прибудинкову територію або через металеві сходи типу СЗ, також окремими виходами обладнано харчоблок та сушильно-прасувальну.

Дитячий дошкільний заклад обладнано сушильно-прасувальною, харчоблоком, медичним блоком, спортивним та музичним залами (окремі), службово-адміністративними приміщеннями.

## 1.2 Призначення будівлі

В цілому будівля розрахована на обслуговування тринадцяти групових осередків. Приміщення однієї групи переобладнано під приміщення спортивної зали. Тринадцять групових осередків розраховані на 240 місць:

- ясельна старша група віком 2-3 роки, місткістю 15 дітей – 4 групи,
- дошкільна молодша/середня/старша група віком 3-5 роки, місткістю 20 дітей – 9 груп.

Штатна кількість персоналу для обслуговування закладу в повному обсязі – 60 працівників.

Режим роботи:

ПН-ПТ: 7<sup>00</sup> - 19<sup>00</sup>

СБ-НД: Вихідні

## 1.3 Система обліку енергоносіїв

Система обліку енергоносіїв в будівлі представлена лічильниками:

- два електронних лічильника електроенергії типу NIK 2303 ART1, встановлені в трансформаторних пунктах ТП-2345 та ТП-2356 (див п. 2.6);
- лічильник теплової енергії типу CA97/2 D=20 мм, встановлений в теплопункті будівлі;
- водолічильник типу GROSS MTK-UA 25, встановлений у насосній в підвалі для обліку холодної води;
- водолічильник типу GROSS MTW-UA 25, встановлений у насосній в підвалі для обліку гарячої води;

### 1.4 Річне споживання енергоносіїв в 2017 – 2019 рр.

У 2019 році за спожиті енергоресурси було сплачено 916,6 тис. грн. Основну частину витрат складають витрати на теплову енергію, що вказує на необхідність в першу чергу впровадження заходів зі збереження тепла.

Для наочності споживання електричної, теплової енергії та води у відсотках за 2019 рік зображено у вигляді діаграми (рисунок 1.2).

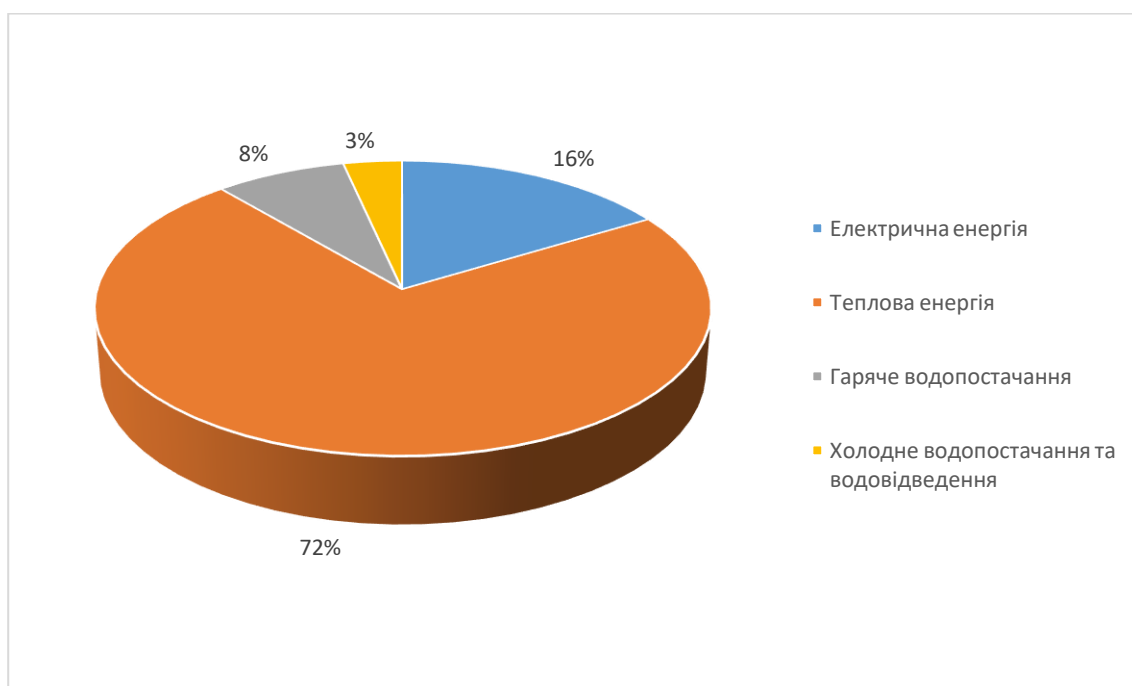


Рисунок 1.2 – Оплата за енергоресурси в 2019 році

### Річне споживання електричної енергії в 2017 – 2019 рр.

Дані по споживанню електричної енергії за останні роки наведено в таблиці 1.1. В графічному вигляді ці дані подані на рисунку 1.3.

Таблиця 1.1 – Річне споживання електричної енергії за 2017–2019 рр.

№	Місяць	2017		2018		2019	
		кВт·год	грн	кВт·год	грн	кВт·год	грн
1	Січень	5109,1	10269,32	5555,6	11955,72	6519,8	15608,43
2	Лютий	6131,7	12569,90	5447,9	11723,82	6551,2	15683,59
3	Березень	4940,2	9830,93	3975,0	8554,21	5359,5	12890,98
4	Квітень	5021,0	9640,37	4697,3	10756,82	4602,6	11070,51

Кінець таблиці 1.1

5	Травень	4387,9	8468,63	3851,6	8820,15	4908,2	11805,50
6	Червень	5360,7	10399,80	4025,2	9217,72	5181,3	12462,46
7	Липень	4445,7	8757,95	3847,3	8810,40	4626,5	11714,13
8	Серпень	5062,8	9872,40	4870,1	11152,58	5270,8	11488,72
9	Вересень	5551,0	10880,02	4331,2	9918,39	4774,3	11429,73
10	Жовтень	5494,3	10823,84	4822,8	11044,22	5247,2	11958,71
11	Листопад	4524,0	8912,22	4032,1	9233,58	5142,6	11525,04
12	Грудень	6020,7	11921,04	4476,6	10251,38	5682,3	12734,50
<b>Σ</b>	<b>Всього</b>	<b>62049,1</b>	<b>122346,4</b>	<b>53932,8</b>	<b>121439,0</b>	<b>63866,5</b>	<b>150372,3</b>

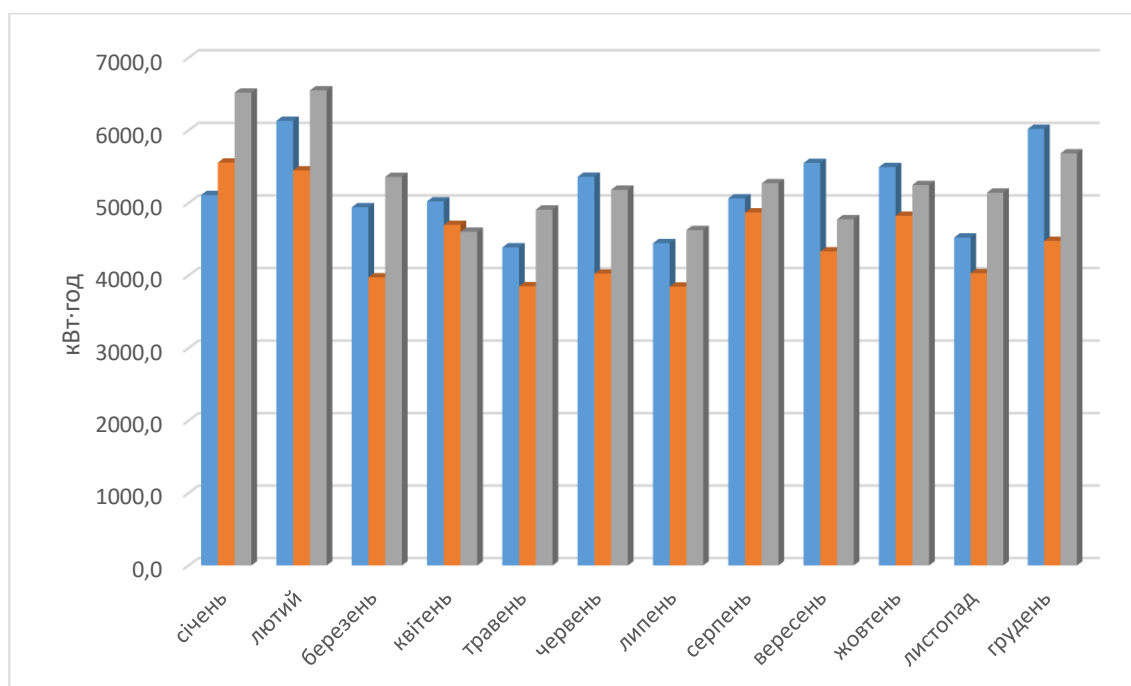


Рисунок 1.3 – Річне споживання електричної енергії за 2017 – 2019 рр.

Споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, оскільки взимку та восени тривалість світлового дня менше і більше часу використовується освітлення. Влітку спостерігається найменше споживання, за рахунок більшого використання природного освітлення.

### Річне споживання теплової енергії в 2017 – 2019 рр.

Дані по споживанню теплової енергії за останні роки наведено в таблиці 1.2. В графічному вигляді ці дані подані на рисунку 1.4.

Таблиця 1.2 – Річне споживання теплової енергії за 2016 – 2018 рр.

№	Місяць	2017-2018		2018-2019		2019-2020	
		Гкал/міс	грн	Гкал/міс	грн	Гкал/міс	грн
10	жовтень	25,56	36153,34	33,8	45791,56	20,45	33829,38
11	листопад	94,62	133835,26	97,46	132036,86	75,70	125232,22
12	грудень	104,78	148206,07	101,1	106835,24	83,82	108169,83
1	січень	115,27	156286,52	121,54	164883,13	92,22	125101,72
2	лютий	108,28	146809,27	101,51	124274,98	86,62	106050,59
3	березень	127,06	172271,76	98,54	163025,56	101,65	114353,88
4	квітень	30,57	41447,72	27,15	44917,23	24,46	25085,36
<b>Σ</b>	<b>Всього</b>	<b>606,14</b>	<b>835009,95</b>	<b>581,10</b>	<b>781764,57</b>	<b>484,91</b>	<b>637822,97</b>

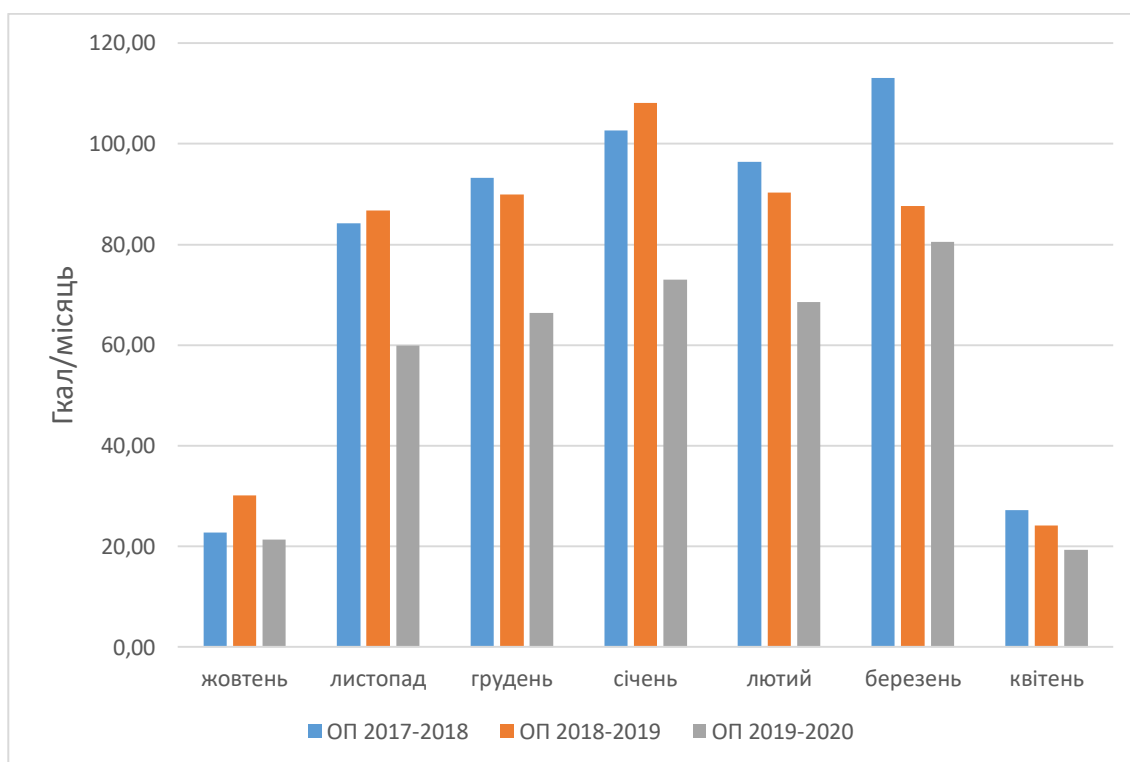


Рисунок 1.4 – Річне споживання теплової енергії за 2017 – 2019 рр.

Споживання теплової енергії будівлею відбувається тільки під час опалювального сезону, в інший час теплове навантаження рівне нулю. Найбільша кількість теплової енергії споживається в зимові місяці як в найхолодніший час. У весняні і осінні місяці споживання тепла менше, ніж в зимові, оскільки „Київенерго” здійснює регулювання температури теплоносія (якісне регулювання) для створення комфортніших умов в приміщеннях у відповідності зі змінами температури за вікном.

### Річне споживання холодної води в 2017 – 2019 рр.

Дані по споживанню холодної води за останні роки наведено в таблиці 1.3. В графічному вигляді ці дані подані на рисунку 1.5.

Таблиця 1.3 – Річне споживання холодної води за 2017 – 2019 рр.

№	Місяць	2017		2018		2019	
		м <sup>3</sup>	грн	м <sup>3</sup>	грн	м <sup>3</sup>	грн
1	Січень	132,0	1484,78	118,9	1686,44	117,0	2140,15
2	Лютий	123,5	1388,65	122,6	1739,13	128,5	2618,95
3	Березень	138,6	1558,50	107,0	1517,79	118,0	2403,58
4	Квітень	139,5	1569,37	101,9	1445,70	125,6	2558,65
5	Травень	135,7	1526,90	117,0	1659,88	133,9	2727,87
6	Червень	138,6	1969,48	128,7	1825,87	140,2	2857,71
7	Липень	137,6	1955,32	105,3	1661,99	150,4	3063,61
8	Серпень	127,3	1809,01	140,4	2215,99	147,3	3000,66
9	Вересень	127,7	1815,02	109,6	1729,90	123,2	2510,65
10	Жовтень	121,7	1729,20	129,2	2038,71	142,3	2899,55
11	Листопад	122,3	1737,78	112,3	2054,55	127,7	2659,67
12	Грудень	137,6	1955,32	128,3	2345,61	122,6	2553,41
<b>Σ</b>	<b>Всього</b>	<b>1582,2</b>	<b>20499,34</b>	<b>1421,4</b>	<b>21921,55</b>	<b>1576,7</b>	<b>31994,46</b>

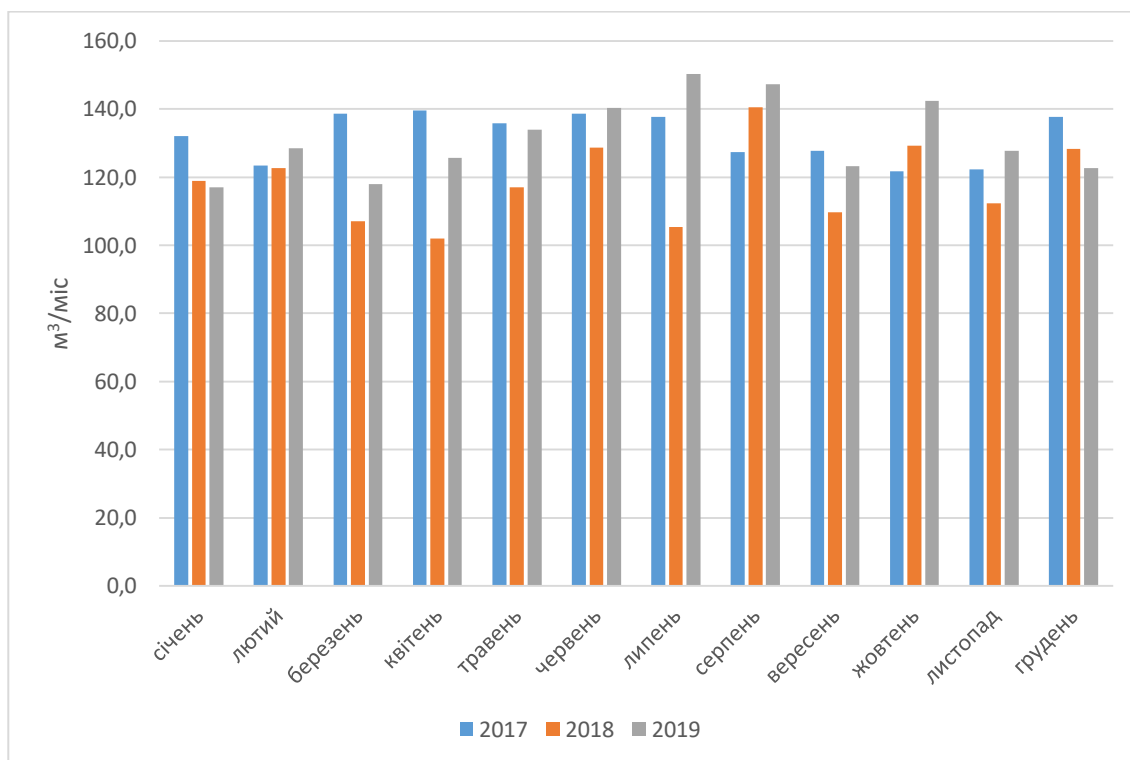


Рисунок 1.5 – Річне споживання води за 2017 – 2019 рр.



Споживання холодної води нерівномірне протягом року. З травня по вересень споживання холодної води зменшується, оскільки у студентів літні канікули. Протягом навчальних семестрів споживання води значно збільшується.

### **Річне споживання гарячої води в 2017 – 2019 рр.**

Дані по споживанню гарячої води за останні роки наведено в таблиці 1.4. В графічному вигляді ці дані подані на рисунку 1.6.

Таблиця 1.4 – Річне споживання гарячої води за 2017 – 2019 рр.

№	Місяць	2017		2018		2019	
		м <sup>3</sup>	грн	м <sup>3</sup>	грн	м <sup>3</sup>	грн
1	Січень	68,9	5728,34	76,4	6155,88	63,6	6266,98
2	Лютий	52,8	4385,23	70,4	5672,47	53,6	5283,99
3	Березень	54,4	4521,79	63,2	5096,48	56,0	5516,84
4	Квітень	64,1	5324,92	72,6	5849,74	78,2	7703,24
5	Травень	50,0	4154,05	55,7	4492,55	53,3	5246,22
6	Червень	63,4	5272,20	71,8	5791,82	68,1	6708,06
7	Липень	60,2	4999,28	65,7	5297,79	66,6	6563,23
8	Серпень	68,5	5782,32	62,3	5023,88	65,4	6441,69
9	Вересень	56,5	4774,00	60,4	4867,83	50,3	4957,53
10	Жовтень	54,9	4637,58	60,1	4840,51	54,1	5324,08
11	Листопад	67,0	5654,10	64,4	5188,14	59,2	5833,25
12	Грудень	70,4	5943,53	59,8	4817,20	72,3	5697,25
<b>Σ</b>	<b>Всього</b>	<b>731,0</b>	<b>61177,35</b>	<b>782,7</b>	<b>63094,29</b>	<b>740,9</b>	<b>71542,36</b>

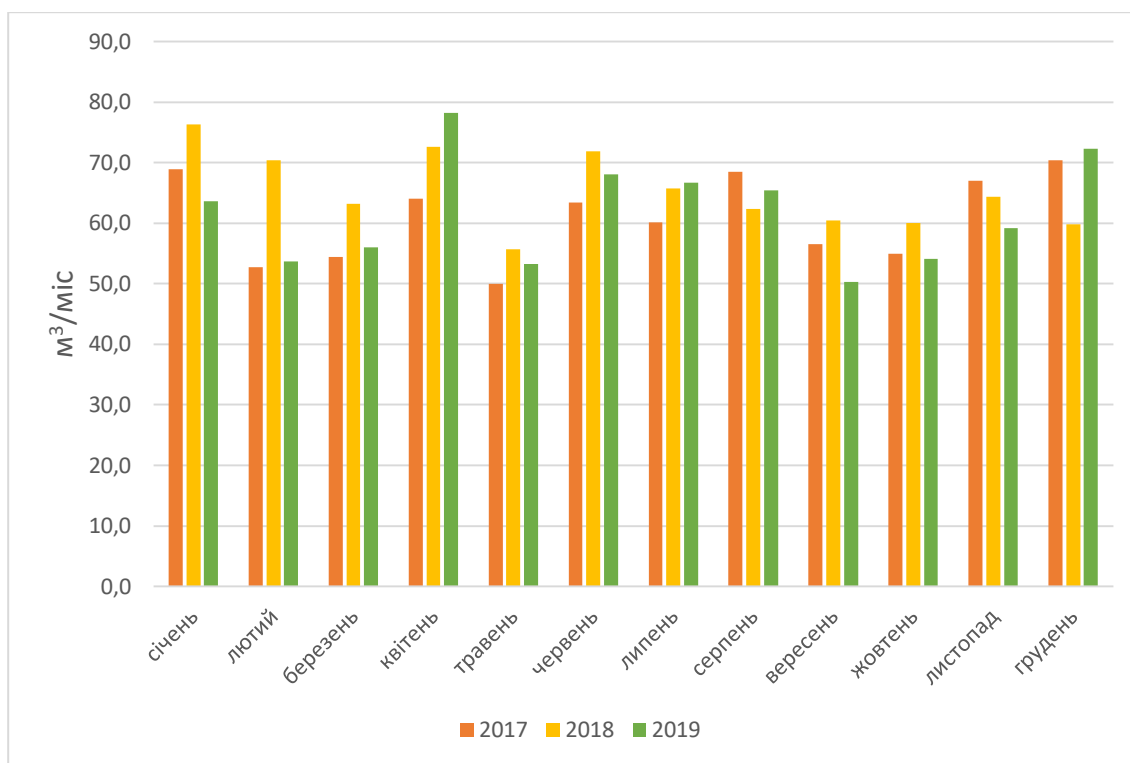


Рисунок 1.6 – Річне споживання води за 2017 – 2019 рр.

## 2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ

### 2.1 Візуальне обстеження об'єкта (загальна характеристика, склад, загальний стан)

Обстеження показало, що енергетичні системи дитячого садку в основному знаходяться у задовільному стані і справно працюють, не зважаючи на застарілу конструкцію, або були відремонтовані декілька років тому.

В процесі візуального обстеження несучих будівельних конструкцій зібрана інформація про їх будову та склад, технічний стан і наявність видимих дефектів.

При обстеженні будівельних конструкцій виконувалось:

- визначення характеру руйнування та дефектів в несучих елементах та конструкціях;
- фото фіксація найбільш характерних дефектів та пошкоджень;
- визначення та аналіз місць та конструктивних елементів для інструментального обстеження.

При обстеженні зовнішнього стінового огороження (стінових панелей фасадів) не виявлено дефектів чи пошкоджень, що б впливали на зниження несучої здатності чи довговічність конструкцій.

Для зовнішнього стінового огороження характерним дефектом є відшарування зовнішнього опорядження із керамічної фасадної плитки близько 60% від загальної площі, також наявні місця з ділянками де зовнішнє опорядження відсутнє внаслідок відпадання плитки (рисунок 2.1).



а)



б)

Рисунок 2.1 (а, б) – Дефект ділянки руйнування облицювання із керамічної плитки

Огороджуюча конструкція стіни не відповідає нормам з енергозбереження.

При обстеженні покрівлі не виявлено дефектів чи пошкоджень, що б впливали на зниження несучої здатності чи довговічності конструкцій.

Для покрівельного килиму із руберойду виявлено дефекти, що впливають на довговічність конструкції покриття, а саме: дефрагметація ділянок килиму – нещільність покриття по площі та в примикання до парапету (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Дефект пошкодження частин примикання до парапетів

Огороджуюча конструкція покрівлі не відповідає нормам з енергозбереження.

Для відмостки характерним дефектом є значне просідання по всій площі вимощення, нещільний контакт з конструкціями парапету будівлі (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Дефект просідання відмостки

## 2.2 Система водопостачання і каналізації

Джерелом водопостачання є міський водопровід з діаметром вводу 150 мм. Каналізація будівлі – самоплинна. Постачальник послуг з водопостачання та водовідведення – ПрАТ АК «Київводоканал». Постачальник послуг з гарячого водопостачання – КП «Київтеплоенерго».

## 2.3 Система вентиляції і кондиціювання

Вентиляція приміщень передбачується припливно-витяжна із природним спонуканням. Приплив в приміщення неорганізований, через хвіртки. Витяжка через санвузли та кухню.

Витяжка із кухні та санвузлів здійснюється через індустріальні вентиляційні блоки, що представляють собою наскрізні магістральні збірні канали і канали-супутники.

Витяжне повітря каналами кухні та санвузлів виводиться на горищний простір, із якого видаляється назовні через вентиляційні шахти (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд вентиляційних каналів



## 2.4 Опис системи теплопостачання

Теплова енергія постачається від РТС району через відгалуження від основної магістралі.

Теплопункт розміщений у підвалі будівлі. Приєднання місцевих систем опалення здійснюється по схемі з елеваторним підмішуванням.

Опалення будівлі – водяне з проектними параметрами теплоносія 95-70°C. Однотрубна горизонтальна система із замикаючими ділянками з видаленням повітря через повітряні крани на радіаторах кожного поверху.

## 2.5 Розрахунок потужності системи опалення

Теплотехнічний розрахунок є детальним розрахунком втрат теплоти через зовнішні ОК (огороджувальні конструкції) з врахуванням втрат теплоти за рахунок інфільтрації. Розрахунок базується на врахуванні теплоізоляційних властивостей матеріалів, з яких виконаний огороджувальні конструкції, орієнтації відповідно до сторін світу.

Усі геометричні розміри, що використовуються у розрахунках, є фактичними та визначеними за допомогою вимірювань. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкової літератури.

### 2.5.1 Розрахунок втрат теплоти через огороджувальні конструкції

Втрати теплоти, кВт, через огороджувальні конструкції будівлі визначаються за формулою:

$$Q = F \cdot K \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n, \quad (2.1)$$

де  $F$  – площа огороджувальних конструкцій, м<sup>2</sup>;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$t_{\text{вн.}}$  – температура всередині приміщення,  $t_{\text{вн.}} = 22^\circ\text{C}$  [24];

$t_{p.o.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, приймається рівною температурі найхолоднішої п'ятиденки,  $t_{p.o.} = -22^{\circ}\text{C}$  для першої температурної зони, в якій знаходиться місто Київ [31];

$\Sigma\beta$  – сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [24];

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [31].

Термічний опір огорожувальних конструкцій,  $(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$ , розраховується за формулою:

$$R_j = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z}, \quad (2.2)$$

де  $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт тепловіддачі із внутрішньої сторони будівлі згідно із [32];

$\alpha_z = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, згідно із [32];

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності  $i$ -го шару конструкції,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м.

Коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , розраховується за формулою:

$$K_j = \frac{1}{R_j} \quad (2.3)$$

Всі значення, використані та отримані під час розрахунків коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій, для наочності зведені у табл. 2.2.



### Обстеження зовнішніх стін

Зовнішні стіни будівлі виконані з керамічних блоків, товщиною 0,38 м та об'ємною вагою 1150 кг/м<sup>3</sup>, цементної-піщаної шуби та цементної штукатурки. Згідно із технічними даними, опір теплопередачі зовнішніх стін:

$$R_{Cm} = \frac{1}{23} + 0,83 + \frac{1}{8,7} = 0,988 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Місто Київ належить до І температурної зони [32]. Для І зони, значення мінімального термічного опору для стін:

$$R_{qmin} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; R_{qmin} > R_{Cm}.$$

Значення термічного опору не відповідають нормативним. Тому рекомендується виконати утеплення фасадів.

Підставивши дані в формулу (2.3), отримаємо коефіцієнт теплопровідності стіни:

$$K_{з.ст.} = \frac{1}{0,988} = 1,012 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

Результати розрахунків втрат наведено у таблицях 2.2 та 2.3.

### Обстеження вікон

Вікна у будівлі виконані з подвійним склінням у металопластикових склопакетах. Опір теплопередачі вікон:

$$R_B = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для вікон [32]:

$$R_{qmin} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; R_{qmin} > R_B.$$

Значення термічного опору дерев'яних вікон та склоблоків не відповідають нормативним.

Знайдемо коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К), кожного типу вікон, підставивши у формулу (2.3) відповідні значення:

$$K_{\epsilon} = \frac{1}{0,5} = 2,0 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

Результати розрахунків наведено у таблицях 2.2 та 2.3.

### Обстеження даху

Будівля має плоский дах, опір теплопередачі, згідно із технічною документацією:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + 3,0 + \frac{1}{8,7} = 3,158 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Коефіцієнт теплопередачі даху згідно із 2.2:

$$K_{\text{дах}} = \frac{1}{R_{\text{дах}}} = \frac{1}{3,158} = 0,32 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для даху [32]:

$$R_{q \min} = 4,95 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; R_{q \min} > R_{\text{дах}}.$$

Значення термічного опору не відповідає нормативному. Тому рекомендовано провести утеплення даху.

Результати розрахунків наведено в таблицях 2.2 та 2.3.

### Обстеження дверей

Вхідні двері будівлі виконані із металопластику:

$$R_{\text{д}} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для дверей [32]:

$$R_{q \min} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; R_{q \min} > R_{\text{д}}.$$

Значення термічного опору для пластикових дверей відповідає нормативному, для залізних та дерев'яних – не відповідає. Тому рекомендується заміна вхідних залізних дверей на більш енергоефективні або утеплення цих дверей.

Коефіцієнт теплопередачі дверей згідно із 2.2:

$$K_{\text{дв}} = \frac{1}{0,5} = 2,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Результати розрахунків наведено в таблицях 2.2 та 2.3.

### Обстеження підлоги

Опір теплопередачі підлоги, згідно із технічними даними:

$$R_{\text{підлога}} = \frac{1}{17} + 1,033 + \frac{1}{8,7} = 1,206 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Для І зони, значення мінімального термічного опору для підлоги [32]:

$$R_{q \min} = 3,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}; R_{q \min} > R_{\text{підлога}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги, згідно формули 2.3:

$$K_{\text{підлога}} = \frac{1}{R_{\text{підлога}}} = \frac{1}{1,206} = 0,83 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Зведемо дані по площам та опору теплопередачі в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі ОК

ОК		$\sum R_i$ м <sup>2</sup> · К/Вт	$\alpha_{\text{вн}},$ Вт/м <sup>2</sup> · К	$\alpha_3,$ Вт/м <sup>2</sup> · К	$R_j,$ м <sup>2</sup> · К/Вт	$K,$ Вт/м <sup>2</sup> · К		
1	2	3	4	5	6	7		
ЗС	К/б блоки	0,83	8,7	23	0,988	1,012		
	Цементна шуба							
	Штукатурка							
Дах	З/б плити	3,0					3,158	0,32
	Керамзит							
	Стяжка							
	Руберойд							
	Пінополістирол							
Підлога	Бетон	1,033					1,207	0,83
	Керамзит							
	Ц-м розчин							
	Плитка							
Вікна/двері	Металопластик	—	—	—	0,5	2,0		

Таблиця 2.2 – Втрати теплоти через ОК

ОК	Тип	Орієн- тація ОК	Площа ОК, м <sup>2</sup>	К, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Δt, °C	n	1+Σβ	Q <sub>o</sub> , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЗС	Керамзито- бетонні	Пд	476,729	1,012	44	1	1,05	22282,90
		Зх	474,015			1	1,1	23211,09
		Пн	477,608			1	1,15	24450,08
		Сх	505,783			1	1,15	25892,43
Вікна	Металоплас- тикові	ПД	144,501	2,0		1	1,05	13351,89
		ЗХ	179,235			1	1,1	17349,95
		ПН	144,242			1	1,15	14597,29
		СХ	153,342			1	1,15	15518,21
Двері	Металоплас- тикові	ПД	10,870	2,0		1	1,05	1004,39
		ЗХ	8,250			1	1,1	798,60
		ПН	10,250			1	1,15	1037,30
		СХ	2,375			1	1,15	240,35
Дах	-	-	1623.5	0,32		0,9	1	53275,11
Підлога	-	-	1623.5	0,83		0,6	1	13570,20
							Q <sub>ΣОК</sub>	226579,79

### 2.5.2 Додаткові втрати теплоти

Витрата теплоти на підігрів зовнішнього повітря, що надходить в приміщення крізь нещільності огорож внаслідок роботи природної витяжної вентиляції, згідно з санітарними нормами знаходиться за формулою:

$$Q_{inf} = \Delta n \cdot V_v \cdot \rho \cdot c_{нов} (t_{вн} - t_{с.о.}) \cdot 10^{-6} \text{ МДж}, \quad (2.4)$$

де  $Q_{inf}$  – витрати тепла на інфільтрацію повітря;

$\Delta n$  – зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон;

– до заміни  $n=1$ ,

– після заміни  $n=0,7$  [24];

$V_v$  – вентиляційний об'єм;

$\rho=1,293 \text{ кг/м}^3$  – густина повітря;

$c=1005 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$  – теплоємність повітря.

При розрахунках було враховано, що частино вікон вже було замінено на нові енергоефективні.

Підставимо значення в формулу (2.4), маємо:

$$Q_{inf.} = (1 - 0,7) \cdot 15199 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (22 - (-0,1)) \cdot 10^{-6} =$$

$$= 174,6 \text{ МДж} = 0,042 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

### 2.5.3 Розрахункова потужність системи опалення

Визначимо розрахункову потужність системи опалення з врахуванням всіх тепловтрат та теплонадходжень за формулою:

$$Q_{розр.} = Q_{\Sigma OK} + Q_{inf.}, \quad (2.5)$$

де  $Q_{\Sigma OK}$  – тепловтрати через огорожувальні конструкції,

$$Q_{\Sigma OK} = 226,6 \text{ кВт} = 0,195 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Підставимо відповідні значення у формулу (2.5), маємо:

$$Q_{розр.} = 0,195 + 0,042 = 0,236 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

### 2.6 Аналіз змін тарифів на теплову енергію

За використану теплову енергію будівля сплачує за показниками лічильників за діючими тарифами [33]. Дані про зміну тарифів на теплову енергію наведено в таблиці 2.3. Динаміка зміни тарифів на теплову енергію зображена на рисунку 2.5.

Таблиця 2.3 – тарифи на теплову енергію за 2017–2019 роки

Місяць	Тариф, грн/Гкал		
	2017	2018	2019
1	2	3	4
Січень	1689,61	1656,98	1654,41
Лютий	1383,54	1656,98	1654,41
Березень	1383,54	1656,98	1654,41
Квітень	1383,54	1656,98	1654,41
Травень	1383,54	1656,98	1654,41
Червень	1383,54	1656,98	1654,41

Кінець таблиці 2.3

Липень	1383,34	1656,98	1654,41
Серпень	1383,34	1656,98	1654,41
Вересень	1383,34	1656,98	1654,41
Жовтень	1383,34	1656,98	1654,41
Листопад	1383,34	1656,98	1654,41
Грудень	1383,34	1656,98	1654,41

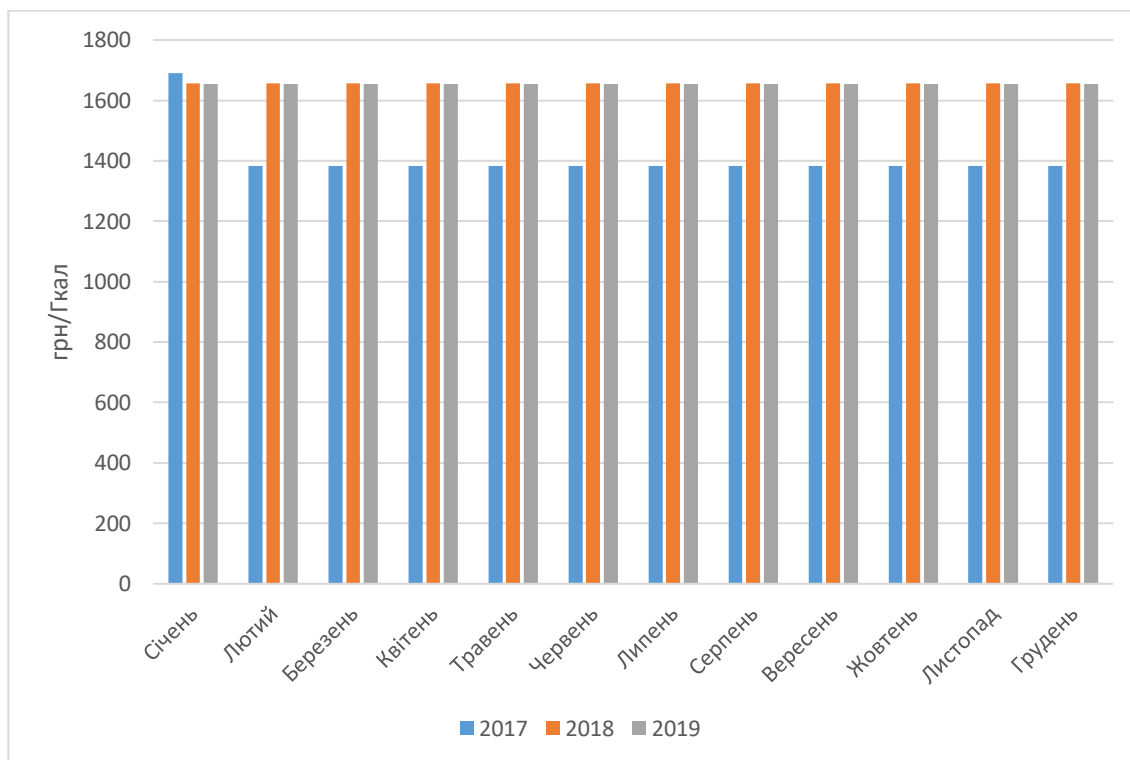


Рисунок 2.5– Динаміка зміни тарифів на теплову енергію

## 2.7 Заходи з енергозбереження в сфері теплопостачання

### 2.7.1 ЗЕЗ №1 Заміна вікон на нові металопластикові

Пропонується виконати заміну існуючих вікон та дверей на металопластикові, термічний опір яких відповідає дійсним державним нормам. Нові вікна та двері (рисунки 2.6 та 2.7) дозволять зменшити наднормові втрати тепла, вони майже не пропускають повітря з вулиці, отже, необхідно забезпечити нормативний повітрообмін в приміщенні, щонайменше – відкриванням вікон.

Пропонуємо вікна металопластикові двокамерні з паспортними даними на рівні не нижче значення мінімального термічного опору для вікон :

$$R_{qmin} = 0,75 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}; \quad K_{qmin} = 1,33 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}.$$



Рисунок 2.6 – Двокамерний склопакет



Рисунок 2.7 – Енергозберігаючі двері

Економію теплоти, при заміні існуючих вікон та дверей на нові, кВт·год, знаходимо за формулою:

$$\Delta Q = (K_{ст.} - K_{нов.}) \cdot F \cdot (t_{вн.} - t_{с.о.}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot n_0 \cdot 24 \frac{kBm \cdot год}{рік}, \quad (2.6)$$

де  $K_{ст.}$ ,  $K_{нов.}$  – відповідно старий та новий коефіцієнт теплопередачі;

$F_B$  – площа огорожуючої конструкції,  $m^2$ ;

$t_{вн.}$  – внутрішня температура приміщень,  $t_{вн.}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$  [24];

$t_{с.о.}$  – середня температура за опалювальний період в м. Києві;

$t_{с.о.} = -0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  [31];

$n_0$  – тривалість опалювального періоду, для м. Києва  $n_0=176$  діб [31];

$\Sigma\beta$  – сумарні додаткові втрати теплоти у відсотках від основних тепловтрат [24];

$n$  – коефіцієнт, який враховує зменшення розрахункової різниці температур, залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [31]. Приймаємо  $n = 1$ .

Результати розрахунків зведемо та таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Енергозбереження від заміни вікон та дверей

ОК	Тип	Орієнтація ОК	Площа ОК, м <sup>2</sup>	ΔK, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Δt, °C	n	1+Σβ	ΔQ, Гкал/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вікна	Металопластикові	Пд	144,501	0,67	19,01	1	1,05	7,77
		Зх	179,235			1	1,1	10,60
		Пн	144,242			1	1,15	8,92
		Сх	153,342			1	1,15	9,49
Двері	Металопластикові	Пд	10,870	0,67	19,01	1	1,05	0,61
		Зх	8,250			1	1,1	0,49
		Пн	10,250			1	1,15	0,63
		Сх	2,375			1	1,15	0,15
							ΔQ <sub>Σ</sub>	38,67

Економія теплоти за рахунок зменшення інфільтрації:

$$\Delta Q_{inf} = \Delta n \cdot V_{on} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_{вн} - t_{с.о.}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \frac{МДж \cdot год}{рік}, \quad (2.7)$$

де  $\Delta n$  – зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон та дверей:

до заміни  $n=0,7$ ;

після заміни  $n=0,6$  [24].

$V_{on}$  – об'єм опалювальних приміщень.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{inf} &= (0,7 - 0,6) \cdot 15199 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (22 + 0,1) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = \\ &= 184372,35 \frac{МДж \cdot год}{рік} = 43,88 \frac{Гкал}{рік}. \end{aligned}$$

Економія в грошовому еквіваленті знаходиться за формулою:

$$\Delta E = (\Delta Q_{\Sigma} + \Delta Q_{inf}) \cdot B, \quad (2.8)$$

де  $B$  – тариф на теплову енергію станом на 01.10.20



$B = 1654,41$  грн/Гкал [33].

Підставивши у формулу (2.10) відповідні дані, маємо:

$$\Delta E = (38,67 + 43,88) \cdot 1654,41 = 136569,1 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Простий строк окупності, роки, знайдемо за формулою:

$$T_{ок.} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (2.9)$$

де  $K$  – капіталовкладення, необхідні для заміни всіх старих вікон, грн.

Ціна на енергоефективні металопластикові вікна, включаючи затрати на монтаж, складає 3500 грн/м<sup>2</sup>, двері – 5000 грн/м<sup>2</sup>. Загальна площа всіх вікон та дверей складає 684,81 м<sup>2</sup>. Таким чином, капіталовкладення складають:

$$K = 3500 \cdot 653,1 + 5000 \cdot 31,75 = 2285727,5 \text{ грн}.$$

Підставимо відповідні значення у формулу (2.9), маємо:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{2285727,5}{136569,1} = 17,1 \text{ року..}$$

Як показують дослідження, строк служби металопластикових вікон, при дбайливому ставленні, складає приблизно 40 років, то ж захід є економічно доцільним.

### 2.7.2 ЗЕЗ №2 Утеплення зовнішніх стін

Термічний опір стін значно нижчий за нормативну величину. Для того щоб забезпечити мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни

$$R_{qmin} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \text{ застосуємо додатковий шар теплової ізоляції.}$$

Додаткова тепла ізоляція (рисунок 2.8) дозволить зменшити наднормові втрати тепла через стіни та покращити зовнішній вигляд будівлі. Обираємо утеплювач: мінераловатні плити на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури товщиною  $\delta_{ym} = 0,15 \text{ м}$  з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_{ym} = 0,047 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ .

Коефіцієнт теплопередачі утепленої зовнішньої стіни, згідно формули 2.2:

$$R_{\text{ут.ст}} = \frac{1}{\alpha_3} + R_{\text{ст}} + R_{\text{утеп.}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = \frac{1}{23} + 0,83 + 3,19 + \frac{1}{8,7} = 4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

та покажемо його у табличній формі (таблиця 2.5).



Рисунок 2.8 – Утеплювач для стіни

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленої стіни

Огородження	Шар	$R_i$ ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )/Вт	$\alpha_{\text{вн.}}$ , Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )	$\alpha_3$ , Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )	$R_o$ , ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )/Вт	$K_o$ , Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )
ЗС	Залізобетон	0,83	8,7	23	4,18	0,239
	Штукатурка					
	Шуба					
	Утеплювач	3,19				

Розрахуємо економію теплоти при утепленні мінераловатними плитами відповідно до орієнтації зовнішніх стін за сторонами світу за формулою:

$$\Delta Q_{\text{ст.}} = (K_{\text{ст.}} - K_{\text{ут.ст.}}) \cdot F_{\text{ст.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot n_o \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6}, \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{ст}}$  – коефіцієнт теплопередачі існуючої стіни;

$K_{\text{ут.ст.}}$  – коефіцієнт теплопередачі утепленої стіни;

$F_{\text{ст}}$  – площа стін відповідно до орієнтації за сторонами світу;

$K_{\text{ст}} = 1,012 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$K_{\text{ут.с}} = 0,239 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Результати розрахунків покажемо у таблиці 2.6.

Економію у грошовому еквіваленті знайдемо за формулою:

$$\Delta E = \Delta Q_{\Sigma cm} \cdot B, \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (2.11)$$

Таблиця 2.6 – Енергозбереження від утеплення стін

ОК	Тип	Орієнтація ОК	Площа ОК, м²	ΔK, Вт/(м²·К)	Δt, °C	n	1+Σβ	ΔQ <sub>ст</sub> , Гкал/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЗС	Керамзитобетонні	Пд	476,729	0,722	22,01	1	1,05	31,04
		Зх	474,015			1	1,1	32,34
		Пн	477,608			1	1,15	34,06
		Сх	505,783			1	1,15	36,07
						ΔQ <sub>Σст</sub>		133,51

Підставивши у формулу (2.11) дані, маємо:

$$\Delta E = \Delta Q_{\Sigma cm} \cdot B = 133,5 \cdot 1654,41 = 220883,1 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Капіталовкладення знайдемо за формулою:

$$K = F \cdot Ц + Д \text{ грн}, \quad (2.12)$$

Розрахуємо простий термін окупності заходу за формулою (2.9).

де  $F$  – площа зовнішніх стін,  $F=1934,1 \text{ м}^2$ ;

$Ц$  – ціна утеплювача разом з фасадними матеріалами для утеплення пінопластом та монтажем,  $Ц = 1200 \text{ грн} / \text{м}^2$  ;

$Д$  – додаткові затрати,  $Д = 50000 \text{ грн}$ .

Підставивши у формулу (2.14) дані, маємо:

$$K = 1934,1 \cdot 1200 + 50000 = 3338029,5 \text{ грн}.$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{3338029,5}{220883,1} = 15,1 \text{ року}.$$

Враховуючи, що економічний строк служби даного заходу приблизно 25 років – термін окупності є прийнятним, що свідчить про те, що проводити утеплення зовнішніх стін доцільно.

### 2.7.3 ЗЕЗ №3 Утеплення даху

Середній коефіцієнт теплопередачі даху значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі  $K_{qmax} = 0,17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ .

Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [32].

Додаткова тепла ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через дах будівлі. Обираємо утеплювач мінераловатні плити товщиною  $\delta_{ут} = 0,25 м$  з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_{ут} = 0,045 Вт/м \cdot К$ . Також, врахуємо необхідність гідроізоляції даху та застосуємо три шари руберойду, товщиною 3 мм кожний. Зведемо до таблиці 2.7 характеристики усіх матеріалів, що будуть використовуватись при утепленні даху.

Розрахунок опору теплопередачі утепленого даху, згідно 2.2:

$$R_{ут.дах} = \frac{1}{\alpha_з} + \frac{\delta_{з/б}}{\lambda_{з/б}} + \frac{\delta_{керамзит}}{\lambda_{керамзит}} + \frac{\delta_{стяжки}}{\lambda_{стяжки}} + \frac{\delta_{руберойд}}{\lambda_{руберойд}} + \frac{\delta_{гідроіз}}{\lambda_{гідроіз}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{зр}}{\lambda_{зр}} + \frac{1}{\alpha_{вн}},$$

$$R_{ут.дах} = \frac{1}{23} + \frac{0,06}{2,04} + \frac{0,03}{0,14} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,004}{0,17} + \frac{0,002}{0,7} + \frac{0,25}{0,045} + \frac{0,009}{0,17} + \frac{1}{8,7} =$$

$$= 6,82 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопровідності утепленого даху, згідно із 2.3:

$$K_{ут.дах} = \frac{1}{R_{ут.дах}} = \frac{1}{6,82} = 0,147 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Таблиця 2.7– Розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленого даху

Огородження	Шар	$\delta, м$	$\lambda, Вт/(м \cdot К)$	$\alpha_{вн.}, Вт/(м^2 \cdot К)$	$\alpha_{з.}, Вт/(м^2 \cdot К)$	$R_o, (м^2 \cdot К)/Вт$	$K_o, Вт/(м^2 \cdot К)$
Дах	Залізобетонні плити	0,06	2,04	8,7	23	4,9	0,147
	Руберойд	0,004	0,17				
	Гідроізоляція	0,02	0,7				
	Керамзит	0,03	0,14				
	Утеплювач	0,25	0,045				
	Руберойд (3 шари)	0,009	0,17				

Економію теплоти при утепленні даху базальтовим утеплювачем визначимо за формулою, кВт:

$$\Delta Q_{\partial} = (K_{\partial} - K_{\text{ут.}\partial}) \cdot F_{\partial} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{ср.о}}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

де  $K_{\partial}$  – коефіцієнт теплопередачі існуючого даху,  $K_{\partial}=0,77$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$K_{\text{ут.}\partial}$  – коефіцієнт теплопередачі утепленого даху,  $K_{\text{ут.}\partial}=0,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Розрахуємо, підставивши відповідні значення у формулу (2.13):

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\partial} &= (0,32 - 0,147) \cdot 1623,5 \cdot (22 - (-0,1)) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = \\ &= 103349,7 \text{ кВт} = 88,88 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}. \end{aligned}$$

Визначимо грошову економію, грн, в результаті впровадження заходу за формулою 2.8:

$$\Delta E = \Delta Q_{\partial} \cdot B,$$

$$\Delta E = 88,88 \cdot 1654,41 = 147045,2 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою (2.9).

Капіталовкладення, включають затрати на базальтовий утеплювач, руберойд та монтаж, знайдемо за формулою:

$$K = F \cdot C_{\text{ут.}} + F \cdot C_{\text{руб.}} + D \quad (2.14)$$

де  $F$  – площа даху, який утеплюється,  $F = 1623,5 \text{ м}^2$ ;

$C_{\text{ут.}}$  – вартість базальтових плит разом з супутніми матеріалами, необхідними для прокладки утеплювача та монтажем,  $C_{\text{ут.}} = 900 \text{ грн/м}^2$ ;

$C_{\text{руб.}}$  – вартість руберойду,  $C_{\text{руб.}} = 40 \text{ грн/м}^2$ ;

$D$  – додаткові затрати,  $D = 25000 \text{ грн.}$

Підставивши у формулу (2.14) дані, маємо:

$$K = 1623,5 \cdot 900 + 1623,5 \cdot 40 \cdot 3 + 25000 = 2817420 \text{ грн.}$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{2817420}{147045,2} = 19,2 \text{ років.}$$

### 2.7.4 ЗЕЗ №4 Утеплення підлоги

Середній коефіцієнт теплопередачі підлоги значно перевищує розрахунковий нормативний коефіцієнт теплопередачі  $K_{qmax} = 0,27 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Нормативний коефіцієнт теплопередачі визначено відповідно [32].

Додаткова теплова ізоляція дозволить зменшити наднормові втрати тепла через підлогу будівлі. Обираємо утеплювач мінераловатні плити товщиною  $\delta_{ym} = 0,1 м$  з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_{ym} = 0,045 Вт/м \cdot К$ . Також, врахуємо необхідність гідроізоляції та пароізоляції та застосуємо поліетиленову плівку товщиною 0,1 м коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_{пів.} = 0,3 Вт/м \cdot К$ . Зведемо до таблиці 2.8 характеристики усіх матеріалів, що будуть використовуватись при утепленні даху.

Проведемо розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленої підлоги, згідно формули 2.2 та покажемо його у табличній формі (таблиця 2.8):

$$R_{ym.дах} = \frac{1}{\alpha_3} + R_{nidл.} + R_{ymen.} + R_{gid.из.} + R_{nap.из.} + \frac{1}{\alpha_{вн}}$$

$$R_{ym.дах} = \frac{1}{17} + 1,033 + 2,22 + 0,33 + 0,33 + \frac{1}{8,7} = 4,1 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопровідності утепленої підлоги, згідно із 2.3:

$$K_{ym.дах} = \frac{1}{R_{ym.дах}} = \frac{1}{4,1} = 0,244 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Економію теплоти при утепленні даху базальтовим утеплювачем визначатимемо за формулою, кВт:

$$\Delta Q_n = (K_n - K_{ym.n.}) \cdot F_n \cdot (t_{вн.} - t_{ср.о.}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт теплопередачі існуючої підлоги,

$K_{ym.n.}$  – коефіцієнт теплопередачі утепленої підлоги.

$K_n = 0,83 Вт/(м^2 \cdot К)$ ,  $K_{ym.n.} = 0,244 Вт/(м^2 \cdot К)$ .

Таблиця 2.8 – Розрахунок коефіцієнту теплопередачі утепленої підлоги

Огородження	Шар	$R_i$ ( $m^2 \cdot K$ )/Вт	$\alpha_{вн.}$ , Вт/( $m^2 \cdot K$ )	$\alpha_{з.}$ , Вт/( $m^2 \cdot K$ )	$R_{ут.підл.}$ , ( $m^2 \cdot K$ )/Вт	$K_{ут.підл.}$ , Вт/( $m^2 \cdot K$ )
Підлога	З/б плити	1,033	8,7	17	4,1	0,244
	Керамзит					
	Стяжка					
	Гідроізоляція	0,33				
	Пароізоляція	0,33				

Підставивши відповідні значення у формулу (2.15) отримаємо:

$$\Delta Q_n = (0,83 - 0,244) \cdot 1623,5 \cdot (22 - (-0,1)) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 88583,5 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 76,18 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}. \quad \text{Ви-}$$

значимо грошову економію, грн, в результаті впровадження заходу за формулою 2.8:

$$\Delta E = \Delta Q_n \cdot B, \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

$$\Delta E = 76,18 \cdot 1654,41 = 126036 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою (2.9).

Капіталовкладення, включають затрати на базальтовий утеплювач, гідроізоляційну та пароізоляційну плівку, знайдемо за формулою:

$$K = F \cdot (C_{ут.} + 2C_{плів.}) + D \text{ грн}, \quad (2.16)$$

де  $F$  – площа підлоги, яка утеплюється,  $F = 1623,5 \text{ м}^2$ ;

$C_{ут.}$  – вартість базальтових плит разом з супутніми матеріалами, необхідними для прокладки утеплювача та монтажем,  $C_{ут.} = 600 \text{ грн/м}^2$ ;

$C_{плівка}$  – вартість пароізоляційної та гідроізоляційної плівки,  $C_{плів.} = 30 \text{ грн/м}^2$ ;

$D$  – додаткові затрати,  $D = 25000 \text{ грн}$ .

Підставивши у формулу (2.16) дані, маємо:

$$K = 1623,5 \cdot (600 + 2 \cdot 30) + 25000 = 1071510,0 \text{ грн}.$$

Таким чином простий термін окупності:

$$T_{ок.} = \frac{1071510}{126036} = 8,5 \text{ років.}$$

Враховуючи, що економічний строк служби даного заходу приблизно 25 років – термін окупності є прийнятним, що свідчить про те, що проводити утеплення підлоги доцільно.

### **2.7.5 ЗЕЗ №5 Модернізація індивідуального теплопункту**

#### **Поточний стан**

В будівлі працює система опалення із елеваторним вузлом змішування. Температура теплоносія, що подається в системи опалення житлових приміщень, не перевищує 95°C, температура зворотного теплоносія – 70°C.

#### **Опис заходу з енергозбереження**

Рекомендується реконструкція існуючого теплопункту будівлі. Пропонується встановити модульний теплопункт з погодним регулюванням (рисунок 2.9). Це дозволить уникнути понаднормового збільшення температури в приміщеннях у осінньо-весняний період та зменшити втрати тепла за рахунок провітрювання. Окрім цього, ІТП дозволить налаштовувати режими енергоспоживання після впровадження інших енергозберігаючих заходів, оптимізуючи теплоспоживання.



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд МІТП



### Розрахунок річної економії енергії

Навантаження системи опалення на будівлю після термомодернізації огорожувальних конструкцій:

$$Q_o^{max} = 0,13 \frac{\Gamma_{кал}}{год}.$$

Річні витрати теплової енергії, Гкал/рік, на опалення:

$$Q_o^{pik} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{co}}{t_{вн} - t_{po}} n_o 24, \quad (2.17)$$

$$Q_o^{pik} = 0,13 \cdot \frac{22 - (-0,1)}{22 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 = 276,84 \text{ Гкал / рік.}$$

Витрати теплової енергії будівлею при впровадженні зниження температури внутрішнього повітря в приміщеннях у нічні години, Гкал/рік:

$$Q_{o2}^{pik} = Q_o^{max} \cdot \left( \frac{(n_o - a) \cdot m_p \cdot (t_{вн} - t_{co})}{t_{вн} - t_{po}} + \frac{24 \cdot a \cdot (t_{нероб} - t_{co})}{t_{вн} - t_{po}} + \frac{(n_o - a) \cdot (24 - m_p) \cdot (t_{нероб} - t_{co})}{t_{вн} - t_{po}} \right), \quad (2.18)$$

де  $Q_o^{max}$  – максимальна витрата теплоти на опалення;

$a = 53$  діб – сума недільних і святкових днів за опалювальний період;

$m_p = 12$  – кількість годин роботи будівлі на добу, год;

$t_{нероб} = 16$  °С – температура повітря в приміщеннях у неробочий час.

$$Q_{o2}^{pik} = 0,13 \cdot \left( \frac{(176 - 53) \cdot 12 \cdot (22 - (-0,1))}{22 - (-22)} + \frac{24 \cdot 53 \cdot (16 - (-0,1))}{22 - (-22)} + \frac{(176 - 53) \cdot (24 - 12) \cdot (16 - (-0,1))}{22 - (-22)} \right) = 227,95 \frac{\Gamma_{кал}}{рік}.$$

Економія витрат теплоенергії, Гкал/рік, при впровадженні зниження температури повітря в неробочі години:

$$\Delta Q_{pik1} = Q_o^{pik} - Q_{o2}^{pik}, \quad (2.19)$$

$$\Delta Q_{pik1} = 276,84 - 227,95 = 48,9 \text{ Гкал / рік.}$$

Зважаючи на те, що теплі температури вище +8 С спостерігаються близько 10-15% опалювального сезону, великий резерв енергозбереження полягає в застосуванні місцевого регулювання теплового потоку в перехідні періоди (березень, квітень, жовтень).

Економія теплової енергії при впровадженні погодного місцевого регулювання в тепловому пункті згідно рекомендацій становить 10%:

$$\Delta Q_{pik2} = Q_{o2}^{pik} \cdot 0,1 \text{ Гкал} / \text{рік}. \quad (2.20)$$

Підставивши дані у формулу 2.20 отримаємо:

$$\Delta Q_{pik2} = 276,84 \cdot 0,1 = 27,68 \text{ Гкал} / \text{рік}.$$

Разом економія витрат теплової енергії:

$$\Delta Q_{pik} = \Delta Q_{pik1} + \Delta Q_{pik2} \text{ Гкал} / \text{рік}, \quad (2.21)$$

Підставивши дані у формулу 2.21 отримаємо

$$\Delta Q_{pik} = 48,9 + 27,68 = 76,58 \text{ Гкал} / \text{рік}.$$

За формулою 2.8 грошова економія становить:

$$E = \Delta Q_{pik} \cdot B = 76,58 \cdot 1654,41 = 126698,2 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Витрати на введення в експлуатацію

Витрати включають розроблення та узгодження проектної документації теплового пункту, витрати на обладнання, монтажні та пуско-налагоджувальні роботи. Капітальні витрати за даними проектів-аналогів: 1000000 грн (без модуля ГВП).

Термін окупності заходу за формулою 2.9 становить:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{600000}{126698,2} = 4,7 \text{ року}$$

## 2.8 Опис системи електропостачання

### 2.8.1 Зовнішня система електропостачання

Будівля, отримує живлення від двох трансформаторів: основного, встановленого в ТП 2345 (далі – ТП1) та резервного – в ТП 2356 (далі – ТП2). Від кожного ТП до будівлі прокладено по два кабелі АВВГ 4х120.

### 2.8.2 Внутрішня система електропостачання

Будівля є електроприймачем II категорії надійності [34]. Живлення відбувається від двох трансформаторів, як було описано вище. Ввід ВРУ знаходиться в підвалі будівлі. На поверхах будівлі розміщено розподільчі щити, від яких живляться всі приміщення. Підключення розподільчих щитів до шин ВРУ виконано кабелями АНРБГ (3х16+1х10).

### 2.8.3 Трансформаторна підстанція

Положення ТП1 та ТП2 відносно будівлі показано рисунку 2.10. Відстань від ТП1 до основної частини будівлі – 70 м, від ТП 2 – 300 м. В ТП1 та ТП2 знаходяться трансформатори ТМ 630-10/0,4, технічні яких наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики ТМ 630-10/0,4 [35]

Потужність	$S_{\text{ном}} = 630 \text{ кВА}$
Напруга на високій стороні	$U_{\text{ном}}^{\text{BH}} = 10 \text{ кВ}$
Напруга на низькій стороні	$U_{\text{ном}}^{\text{HH}} = 0,4 \text{ кВ}$
Втрати холостого ходу	$\Delta P_{\text{xx}} = 1,05 \text{ кВт}$
Втрати короткого замикання	$\Delta P_{\text{кз}} = 7,6 \text{ кВт}$
Струм холостого ходу	$I_{\text{xx}} = 1,8\%$
Напруга короткого замикання	$U_{\text{кз}} = 5,5\%$

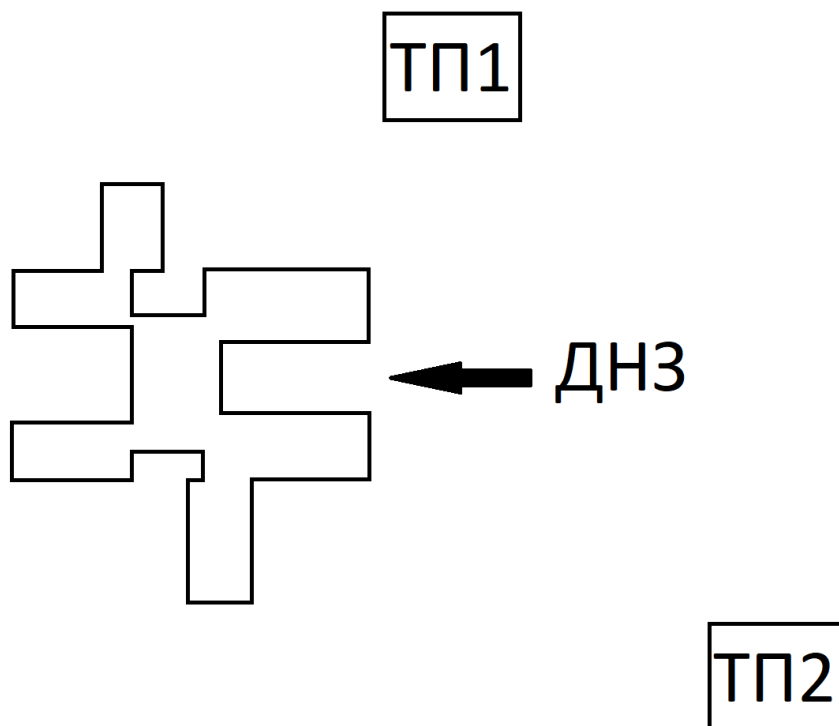


Рисунок 2.10 – Генеральний план будівлі та ТП

## 2.9 Споживачі електричної енергії

Освітлення будівлі виконано люмінесцентними лампами, потужністю 0,018 кВт, в підвалі, під час перебування там людей, працюють лампи розжарювання. В будівлі присутній харчоблок з електрифікованими плитами. Персонал дитячого садку користується комп'ютерами для роботи. В зимові періоди можуть використовуватись електричні обігрівачі. Перелік всіх електроприймачів наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Електроспоживаюче обладнання

Назва	Р <sub>ні</sub> ,кВт	п, шт	Р <sub>н.Σ</sub> ,кВт
Лампа розжарювання	0,075	30	2,25
Лампа люмінесцентна	0,018	600	10,8
Плита електрична	15,0	1	15,0
Духовка електрична	3,0	1	3,0

Кінець таблиці 2.10

Холодильник	0,60	2	1,2
Морозильна скриня	0,3	1	0,3
Мікрохвильова піч	0,80	2	1,6
Посудомийна машина	2,20	1	2,2
Кухонний комбайн	1,00	3	3,0
Чайник	2,00	10	20,0
Комп'ютер	0,40	10	4,0
Обігрівач	1,5	20	30,0

## 2.10 Розрахунок електричних навантажень об'єкта

Орієнтовні розрахунки електричних навантажень будинків та споруд (приміщень) громадського призначення допускається виконувати за укрупненими питомими електричними навантаженнями, згідно методики [34]. Результати розрахунків зведемо до таблиці 2.11.

Активного навантаження будівлі визначається за формулою:

$$P_{\text{буд.}} = n_{\text{місць}} \cdot P_{\text{пит}}, \quad (2.22)$$

де  $n_{\text{місць}}$  – розрахункова кількість місць в будівлі;

$P_{\text{пит}}$  – питоме навантаження будівлі для дошкільних навчальних закладів із електрифікованими харчоблоками [4], кВт.

Реактивне навантаження будівлі визначається за формулою:

$$Q_{\text{буд.}} = n_{\text{місць}} \cdot P_{\text{пит}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.23)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi$  – коефіцієнт реактивного навантаження будівлі [34].

Повна потужність будівлі визначається за формулою:

$$S_{\text{буд.}} = \sqrt{P_{\text{буд.}}^2 + Q_{\text{буд.}}^2} \quad (2.24)$$

Розрахункова сила струм будівлі визначається за формулою:

$$I_{\text{буд.}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.25)$$

де  $U_n$  – напруга шин низького навантаження,  $U_n = 380 \text{ В}$ .

Підставивши дані у формулу 2.22 отримаємо:

$$P_{\text{бюд.}} = 240 \cdot 0,45 = 108 \text{ кВт.}$$

Підставивши дані у формулу 2.23 отримаємо:

$$Q_{\text{бюд.}} = 240 \cdot 0,45 \cdot 0,2 = 21,6 \text{ квар}$$

Підставивши дані у формулу 2.24 отримаємо:

$$S_{\text{бюд.}} = \sqrt{108^2 + 21,6^2} = 110,1 \text{ кВА}$$

Підставивши дані у формулу 2.25 отримаємо:

$$I_{\text{бюд.}} = \frac{110,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 167,3 \text{ А}$$

Таблиця 2.11 – Розрахунок електричних навантажень

Активна потужність, кВт	Реактивна потуж- ність, квар	Повна потужність, кВА	Сила струму, А
108	21,6	110,1	167,3

## 2.11 Баланс річного споживання енергії

В таблиці 2.12 наведено баланс річного споживання електроенергії. На рисунку 2.11 графічно показано баланс споживання електроенергії по всім групам споживачів будівлі.

Таблиця 2.12 – Баланс річного споживання електроенергії

Група приймачів	Найменування обладнан- ня	Встановлена потужність, кВт	Кількість обладнання, шт	Загальна встановлена по- тужність	Коефіцієнт реактивного навантаження	Тривалість роботи, год	Споживання активної енергії, кВт·год	Споживання реактивної енергії, квар·год
Освітлення	Лампа розжарю- вання	0,075	30	2,25	0	500	1125	0
	Лампа люмінісцен- та	0,018	600	10,8	0,329	1400	15120	4974,5

Кінець таблиці 2.12

Освітлення	Σ						16245	4974,5
Кухонне обладнання	Плита електрична	15	1	15	0	540	8100	0
	Духовка електрична	3,0	3	1	3	0	540	1620
	Холодильник	0,60	0,6	2	1,2	0,33	6048	7257,6
	Морозильна скриня	0,3	0,3	1	0,3	0,75	6048	1814,4
	Мікрохвильова піч	0,80	0,8	2	1,6	0	60	96
	Посудомийна машина	2,20	2,2	1	2,2	0,75	400	880
	Кухонний комбайн	1,00	1	3	3	0	100	300
	Чайник	2,00	2	10	20	0	100	2000
	Σ						22068	4415,8
Розеточна група	Комп'ютер	0,4	10	4	0,75	3200	12800	9600
	Обігрівач	1,5	20	30	0	500	15000	0
	Σ						27800	9600
Всього							66113	18990,3

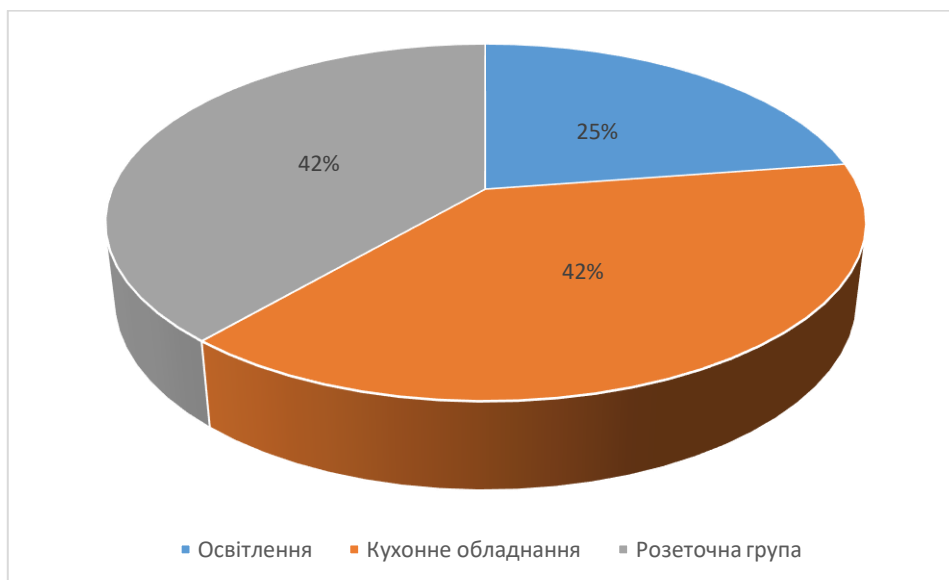


Рисунок 2.11 – Баланс споживання активної енергії будівлею

Як видно із графіку, основними споживачами електричної енергії в будівлі є кухонне обладнання. Електричні обігрівачі, що працюють взимку, також можуть споживати значну кількість енергії. Освітлення будівлі становить близько чверті річного споживання електроенергії в будівлі. Під час проведення заходів з енергозбереження пропонується в першу чергу звернути увагу на освітлення та кухонне обладнання.

## 2.12 Тарифи на споживану електричну енергію

Постановою НКРЕКП від 26.02.2015 № 220 «Про встановлення тарифів на електричну енергію, що відпускається населенню»: встановлено рівні цін на універсальні послуги для побутових та малих непобутових споживачів, у тому числі для побутових та малих непобутових споживачів, які є користувачами малої системи розподілу. Згідно цього розпорядження тариф для непобутових споживачів 2го класу напруги (до 27,5 кВ), що заживлено від ПРАТ "ДТЕК КИЇВСЬКІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ" на день проведення розрахунків (10.11.2020) складає 248,329 коп./(кВт·год) (із ПДВ) [36].

Дані про зміну тарифів на електричну за надані періоди споживання наведено в таблиці 2.13. Динаміка зміни тарифів на електричну енергію зображена на рисунку 2.12.

Таблиця 2.13 – Тарифи за споживання електричної енергії

Місяць	Тариф, грн/(кВт·год)		
	2017	2018	2019
1	2	3	4
Січень	1,9	2,01	2,39
Лютий	1,9	2,05	2,39
Березень	1,9	1,99	2,41
Квітень	1,9	1,92	2,41
Травень	2,02	1,93	2,41
Червень	2,02	1,94	2,41
Липень	2,19	1,97	2,53
Серпень	2,16	1,95	2,18
Вересень	2,16	1,96	2,39
Жовтень	2,36	1,97	2,28
Листопад	2,36	1,97	2,24
Грудень	2,36	1,98	2,24



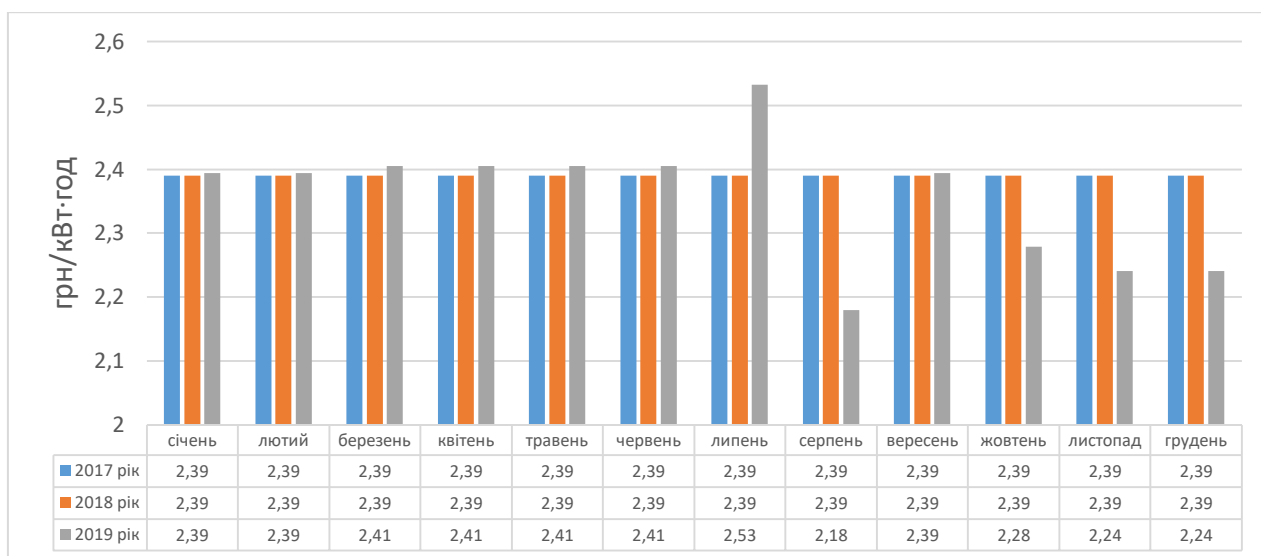


Рисунок 2.12 – Динаміка зміни тарифів на електричну енергію

### 2.13 Заходи з енергозбереження в сфері електропостачання

Існуюча система освітлення, виконана люмінесцентними лампами потужністю 0,018 Вт є одним з основних споживачів електроенергії в будівлі. Сучасні рішення, у вигляді світлодіодних ламп, пропонують лампи з аналогічними параметрами температури світла та світлового потоку при втричі меншому споживанні електричної енергії.

В підвалі встановлено рампи розжарювання, які також можна замінити на світлодіодні. Оскільки персонал постійно там не перебуває, доцільно було б встановити там датчики руху.

Існуюче кухонне обладнання в їдальні будівлі є досить застарілим та споживає значну кількість електричної енергії. Пропонується замінити його на більш сучасне та енергоефективне.

В зимові періоди в багатьох приміщеннях не дотримуються нормативні температурні режими, що змушує людей використовувати додаткові прилади опалювання (масляні калорифери), що збільшує витрату електричної енергії та навантаження на проводку. За рахунок термомодернізації огорожувальних конструкцій та заміни старих вікон і дверей на енергоефективні, що було запропоновано у минулих пунктах, можна буде відмовитися від застосування ка-

лориферів взимку, що призведе до зниження рівня споживання електричної енергії.

### 2.13.1 ЗЕЗ №6 Заміна ламп на світлодіодні

В підвалі встановлено лампи розжарювання потужністю 75 Вт. Пропонується замінити їх на світлодіодні. Такий тип ламп має ряд переваг, а саме: менше електроспоживання при збереженні рівня освітленості, більший термін експлуатації, не мають місту ртуті та фосфору. Лампи працюють близько 500 годин на рік.

Енергозберігаючі пропонується замінити світлодіодними лампами Economka LED A60, потужністю 10 Вт.

В приміщеннях дитячого садочку працюють люмінесцентні лампи потужністю 18 Вт. Пропонується замінити їх на світлодіодні світлодіодні. Такий тип ламп має ряд переваг, а саме: менше електроспоживання при збереженні рівня освітленості, більший термін експлуатації, не мають місту ртуті та фосфору. Люмінесцентні лампи в будівлі працюють близько 1400 годин на рік.

Люмінесцентні лампи потужністю 18 Вт пропонується замінити на аналогічні по параметрам світлодіодні Led-світильники BIOM T8 GL 600, потужністю 8 Вт.

Зведемо характеристики запропонованих світлодіодних ламп до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики світлодіодних ламп

Найменування	Цоколь	Потужність	Світлова температура	Світловий потік
-	-	Вт	К	Лм
Economka LED A60	E27	10	4100	580
BIOM T8 GL 600	T8/G13	8	4100	850

Економія електроенергії, (кВт·год)/рік, при заміні енергозберігаючих ламп на світлодіодні лампи Економка LED A60 розраховується за формулою:

$$\Delta W_{\text{л}} = (W_{\text{л/р}} - W_{\text{д}}) \cdot n_{\text{л/р}}, \quad (2.26)$$

де  $n_{\text{л/р}}$  – кількість ламп розжарювання;

$W_{\text{л/р}}$  – енергія, що споживається однією лампою розжарювання за рік;

$W_{\text{д}}$  – енергія, що споживається однією світлодіодною лампою Економка LED A60 за рік.

$$W_{\text{л/р}} = 0,075 \cdot 500 = 37,5 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

$$W_{\text{д}} = 0,01 \cdot 500 = 5 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Підставивши дані у формулу (2.26), маємо:

$$\Delta W_{\text{л}} = (37,5 - 5) \cdot 30 = 975,0 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Економія грошових коштів від впровадження:

$$\Delta E = \Delta W_{\text{л}} \cdot B_{\text{ел}}, \quad (2.27)$$

де  $B_{\text{ел}}$  – тариф на споживану електричну енергію, грн/(кВт·год).

Станом на 10.11.2020 тариф на споживану електричну енергію для побутових споживачів складає 2,48 грн/(кВт·год).

$$\Delta E = 975,0 \cdot 2,48 = 2418 \text{ грн} / \text{рік}$$

Вартість однієї лампи Економка A60 складає 80 грн.

Капіталовкладення становитимуть:

$$K = 30 \cdot 80 = 2400 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою, роки:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}, \quad (2.28)$$

де  $K$  – капіталовкладення, грн;

$\Delta E$  – річна економія грошей, грн/рік.

Таким чином за формулою (2.28) простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{2400,0}{2418,0} = 0,99 \text{ року}.$$

Виробник дає гарантію на роботу ламп впродовж двох років, тож захід з енергозбереження є доцільним.

Розрахунок економії електричної енергії, (кВт·год)/рік, від заміни люмінесцентних ламп будемо проводити за формулою:

$$\Delta W = (W_{л1} - W_{л2}) \cdot n_{л} \cdot t_{роб}, \quad (2.29)$$

де  $n_{л}$  – кількість люмінесцентних ламп;

$W_{л1}$  – енергія, що споживається однією люмінесцентною лампою, потужністю 18 Вт, за рік;

$W_{л2}$  – енергія, що споживається однією світлодіодною лампою, потужністю 8 Вт, за рік;

$T_{роб}$  – час роботи ламп, год/рік.

Підставивши дані у формулу (2.29), маємо:

$$\Delta W = (18 - 8) \cdot 600 \cdot 1400 = 8400 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Економія грошових коштів від впровадження розраховуємо за формулою 2.27:

$$\Delta E = 8400 \cdot 2,48 = 20832 \text{ грн} / \text{рік}$$

Вартість однієї лампи BIOM T8 GL 600, потужністю 8 Вт складає 43грн. Капіталовкладення становитимуть:

$$K = 43 \cdot 600 = 25800 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності знайдемо за формулою 2.28:

$$T_{ок} = \frac{25800}{20832} = 1,2 \text{ року}.$$

Виробник дає гарантію на роботу ламп впродовж двох років, тож захід з енергозбереження є доцільним.

Загальна економія енергії становитиме:

$$\Delta W = 975 + 8400 = 9275 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Загальна економія грошових ресурсів становитиме:

$$\Delta E = 2418 + 20832 = 23250 \text{ грн / рік}$$

Загальні капіталовкладення на впровадження даного заходу становитимуть:

$$K = 2400 + 25800 = 28200 \text{ грн}$$

Загальний термін окупності від заходу становитиме:

$$T_{ок} = \frac{28200}{23250} = 1,21 \text{ року}$$

### 2.13.2 ЗЕЗ №7 Встановлення датчиків руху

Пропонується встановити датчики руху для активації ламп в підвалі під час перебування там персоналу. В інший час лампи працювати не будуть.

Час роботи закладу становить з 07 до 19 години. В період до 7:00 та після 19:00 в приміщеннях з виробничими завданнями персонал не перебуває. Вікна в підвалі відсутні, тому природне освітлення неможливе.

Встановлення датчиків руху дозволить автоматично вимикати освітлення в приміщенні при відсутності людей. Встановимо датчик HorozElectricFocus hl 48-0 потужністю 0,3 Вт.

Робота датчиків буде організована протягом 12 годин на день, згідно із розкладом роботи будівлі. За рік один датчик пропрацює 4380 годин. Один датчик руху буде відповідати за одночасну роботу п'яти лампочок, для забезпечення достатньої освітленої площі. Тоді загальна кількість датчиків складатиме 6 штук.

Час перебування персоналу в визначених приміщеннях може змінюватися, в залежності від виду виконуваних робіт. Слід передбачити можливість постійної роботи світла, без участі датчиків, на випадок проведення робіт протягом тривалого часу. В середньому світло працює 500 годин на рік. Організуємо роботу датчиків таким чином, щоб світло вмикалося на

5 хвилин з моменту отримання сигналу руху. Тоді, в середньому, кожна лампочка пропрацює близько 30 годин за рік, без урахування більш тривалих робіт.

### *Розрахунок річної економії енергії*

Споживання електричної енергії світлодіодними лампами за рік розраховується за формулою:

$$W_1 = P_{c/л} \cdot t_{роб.} \cdot n_{c/л} \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}, \quad (2.30)$$

де,  $P_{c/л}$  – потужність світлодіодної лампи, кВт;

$t_{роб.}$  – час роботи лампи після встановлення датчиків руху, год/рік.

$n_{c/л}$  – кількість світлодіодних ламп, шт.

Підставивши дані у формулу (2.30), кількість спожитої електроенергії лампами складає:

$$W_1 = 0,01 \cdot 30 \cdot 30 = 9 \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}.$$

Кількість спожитої електроенергії датчиками руху за рік:

$$W_2 = T_d \cdot P_d \cdot n_d \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}, \quad (2.31)$$

де  $T_d$  – час роботи датчиків на рік, год/рік;

$P_d$  – споживана датчиками електрична потужність, кВт;

$n_d$  – кількість датчиків, шт.

$$W_2 = 4380 \cdot 0,0003 \cdot 6 = 7,9 \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}.$$

Кількість спожитої електроенергії лампами за рік до встановлення датчиків:

$$W = T_{c/л} \cdot P_{c/л} \cdot n_{c/л} \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}, \quad (2.32)$$

де  $T_{c/л}$  – час роботи світлодіодних ламп до встановлення датчиків руху, годин/рік;

$$W = 500 \cdot 0,01 \cdot 30 = 150 \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}.$$

Річну економію електричної енергії розраховуємо за формулою:

$$\Delta W = W - W_1 - W_2 \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}. \quad (2.33)$$

Підставивши дані у формулу 2.33 отримаємо:

$$\Delta W = 150 - 9 - 7,9 = 133,1 \frac{\kappa Bm \cdot год}{рік}$$

Виразимо економію в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = \Delta W \cdot B_{ел} \frac{грн}{рік}. \quad (2.34)$$

Підставивши дані у формулу 2.39 отримаємо:

$$\Delta E = 133,1 \cdot 2,48 = 330 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Капіталовкладення становитимуть:

$$K = n_d \cdot C_d \text{ грн}, \quad (2.35)$$

де  $C_d$  – ціна одного датчика, грн;

Підставивши дані у формулу 2.35 отримаємо:

$$K = 6 \cdot 130 = 780 \text{ грн}.$$

Простий термін окупності, за формулою 2.28:

$$T_{ок} = \frac{780}{330} = 2,4 \text{ року}.$$

Виробник дає гарантію на роботу датчиків впродовж трьох років, тож захід з енергозбереження є доцільним.

### 2.13.3 ЗЕЗ №8 Заміна кухонного обладнання

Для задоволення потреб харчування дітей в будівлі працює їдальня. Обладнання їдальні наведено в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Обладнання в їдальні

Агрегат	Встановлена потужність	Кількість	Загальна потужність	Годин роботи на рік	Річне електроспоживання
	кВт	шт	кВт	год	кВт·год
Холодильна камера	0,6	2	1,2	6048	7257,6
Морозильна скриня	0,3	1	0,3	6048	1814,4
Електрична плита	15	1	15	540	8100
Електрична духовка	3	1	3	540	1620
Мікрохвильова піч	0,8	2	1,6	60	96
				$\Sigma$	18 588,0

Холодильні камери, морозильна скриня, електрична плита та духовка на сьогоднішній день вже є застарілими, тому пропонується замінити їх на сучасні, що будуть більш енергоефективними (таблиця 2.16)

Таблиця 2.16 – Запропоноване кухонне обладнання

Агрегат	Модель	Встановлена потужність	Кількість	Ціна
		кВт	шт	Грн/шт
Холодильна камера	KK 366	0,37	2	7000
Електрична плита	Kogast EST47/P	10,0	1	23000
Електрична духовка	BOSCH HBF113BR0Q	1	1	6800

Нові холодильники обладнані морозильними камерами, тому від морозильної скрині пропонується відмовитись.

Загальні капіталовкладення становитимуть:

$$K = 7000 \cdot 2 + 23000 + 6800 = 43800 \text{ грн.}$$

Економія від впровадження заходу:

$$\Delta E = (P_{\text{існ}} - P_{\text{запр.}}) \cdot t \cdot T \cdot B_{\text{ел}}, \quad (2.36)$$

Де  $P_{\text{існ}}$  – електричне навантаження існуючого обладнання, кВт;

$P_{\text{запр}}$  – електричне навантаження запропонованого обладнання, кВт;



$m$  – кількість обладнання, шт;

$T$  – час роботи обладнання, год/рік.

Холодильні камери:

$$\Delta E_1 = (0,6 - 0,37) \cdot 2 \cdot 6048 \cdot 2,29 = 6900 \text{ грн / рік.}$$

Електрична плита:

$$\Delta E_2 = (15 - 10) \cdot 540 \cdot 2,48 = 6696,0 \text{ грн / рік.}$$

Електрична духовка:

$$\Delta E_3 = (3 - 1) \cdot 540 \cdot 2,48 = 2678,4 \text{ грн / рік.}$$

Загальна економія:

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3, \quad (2.37)$$

$$\Delta E = 6900 + 6696 + 2678,4 = 16270 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності, за формулою 2.28:

$$T_{ок} = \frac{43800}{16270} = 2,7 \text{ року.}$$

Виробники дають гарантію на роботу обладнання строком від трьох років, тож захід з енергозбереження є доцільним.

#### 2.13.4 ЗЕЗ №9 Відмова від масляних калориферів

В минулих пунктах було розглянуто заходи з утеплення зовнішніх стін та старих заміни вікон на енергоефективні. Це дозволить підтримувати температуру в приміщеннях на рівні нормативної та відмовитися від додаткових опалювальних пристроїв у вигляді масляних калориферів.

Економія електричної енергії за рахунок відмови від масляних калориферів буде становити:

$$\Delta E = P_{об} \cdot m \cdot T \cdot B_{ел}, \quad (2.38)$$

де  $P_{об}$  – встановлена потужність електричних обігрівачів, кВт;

$$\Delta E_1 = 1,5 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 2,48 = 55800 \text{ грн / рік.}$$

Сумарні витрати від впровадження описаних заходів становлять 5623757 грн, сумарна економія грошей від впровадження заходів становить 308929,3 грн/рік.

Термін окупності за формулою 2.28:

$$T_{ок} = \frac{5623757}{308929,3} = 18,2 \text{ року.}$$

У разі відмови від масляних калориферів економія складе:

$$\Delta E_2 = 1769534,4 + 55800 = 364729,9 \text{ грн / рік.}$$

Термін окупності за формулою 2.33:

$$T_{ок} = \frac{5623757}{364729,9} = 15,4 \text{ року.}$$

Відмова від масляних калориферів дозволить знизити термін окупності від утеплення зовнішніх стін та заміни старих вікон на 2,8 року.

### Висновки по розділу

Було досліджено теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій, на основі отриманих даних було запропоновано ряд заходів, спрямованих на досягнення економії енергетичних та грошових ресурсів.

Зведемо результати розрахунків в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження в сфері тепlopостачання

Захід з енергозбереження	$\Delta Q$ , Гкал	К, тис. грн	$\Delta E$ , тис. грн/рік	$T_{ок}$ , роки
Заміна вікон та дверей на нові енергоефективні	82,55	2333,35	136,57	17,1
Утеплення зовнішніх стін	133,51	3338,03	220,88	15,1
Утеплення даху	88,88	2817,42	147,05	19,2
Утеплення підлоги	76,18	1071,51	126,04	8,5
Модернізація індивідуального теплового пункту	76,58	600	126,69	4,7

Аналізуючи існуючий стан системи постачання та споживання електроенергії, було виявлено основні проблеми та запропоновано методи їх вирішення. Для збереження та підвищення ефективності використання спожитої електричної енергії пропонується впровадити наступні заходи:

- Заміна ламп на світлодіодні;
- Встановлення датчиків руху;
- Заміна кухонного обладнання
- Відмова від масляних калориферів.

Результати обрахунків подано в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Результати розрахунків заходів з енергозбереження в сфері електропостачання

Захід з енерго- збереження	Капіталовкладення	Річна економія електроенергії	Грошова економія	Термін окуп- ності
	тис. грн	кВт-год/рік	тис.грн/рік	Років
Заміна ламп	28,2	9275	23,2	1,2
Встановлення датчиків руху	0,78	133,1	0,33	2,4
Заміна кухонного обладнання	43,8	6562	16,3	2,7
Відмова від мас- ляних калорифе- рів	0	22500	55,8	2,8

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНЖИНІРИНГ

#### 3.1 Моніторинг та аналіз енергоспоживання

Моніторинг та аналіз даних є важливим питанням з точки зору організації ефективного використання енергетичних ресурсів, для його вирішення необхідно збирати детальну інформацію про наступне [37]:

- ресурсо- та енергоспоживання будівель за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) за видами ресурсів та потоків;
- геометричні розміри будівлі, площі, об'єми її окремих складових (кухня/спальні/коридори/актова зала/допоміжні приміщення/санвузли та ін.);
- характеристики, розміри та стан огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням орієнтації по сторонах світу;
- умови теплопостачання (витрати, тиск, температури енергоносіїв, кількість енергії);
- дані щодо погодних умов (температура навколишнього повітря, сонячна радіація, хмарність) за різні інтервали (година, доба, місяць, рік) та умов мікроклімату приміщень( в тому числі їх добові коливання);
- інвентаризація обладнання (електрична потужність та тривалість роботи) і визначення величини теплонадходжень від їх використання;
- стан джерел теплопостачання, тепловпунктів, інженерних комунікацій, в тому числі: довжини та діаметри трубопроводів, стан ізоляції, кількість опалювальних пристроїв, регуляторів та ін., з визначенням кількості труб, обладнання та арматури у аварійному стані або потребує заміни;
- стан систем вентиляції і основного обладнання, характеристики повітропроводів, аналіз роботи фільтрів і витяжних каналів;
- стан мереж електропостачання, трансформаторів на балансі закладу, розподільчих щитків, автоматів, систем освітлення зовнішніх/внутрішніх та ін.;
- стан систем водопостачання та каналізації, тип, стан і кількість сантехнічного обладнання і вузлів;

- інші системи та обладнання будівлі.

Отримана інформація дозволяє створити базу даних, за допомогою якої може проводитися моніторинг та аналіз даних, а також виявлення та запобігання виникнення аварійних ситуацій.

### 3.2 Моделювання в спеціалізованих програмних продуктах

#### 3.2.1 Огляд існуючого програмного забезпечення

Для організації ефективного енергоспоживання необхідним є використання спеціалізованого програмного забезпечення. Основні характеристики існуючих програмних продуктів наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Огляд існуючих програмних продуктів

Програмний продукт	Призначення	Переваги	Недоліки
Fluent	Моделювання процесів теплообміну	Точність моделювання	Складність інтерфейсу
Therm	Моделювання процесів теплообміну	Точність моделювання	Складність інтерфейсу
RETScreen	Аналіз проектів	Економічний аналіз заходів	Немає можливості формувати звіт
SOLIDWORKS	Аналіз проектів	Інтерфейс та взаємодія	Коротка бібліотека елементів
STATISTICA	Аналіз проектів	Повний набір класичних методів статистичного аналізу	Неможливість побудови енергетичних балансів
GoogleSketchUp	Проектування	Простий інтерфейс	Нескладні об'єкти, нестабільність
ENSI	Аналіз проектів	Енергетична модель будівлі, взаємовплив заходів, баланси	Немає можливості сформулювати повноцінний звіт з енергоаудиту
EnergyPlus	Оцінка екологічної ситуації, прогнозування енергоспоживання	Висока точність моделювання	Складність інтерфейсу
EnergyPlan	Оцінка екологічної ситуації	Структурування даних	Висока вартість
DesignBuilder	Моделювання процесів теплообміну	Висока точність моделювання	Висока вартість

### 3.2.2 Моделювання в програмному середовищі RETScreen

В рамках розробки магістерської дисертації, з метою підвищення енергоефективності дитячого дошкільного закладу, було проведено моделювання енергоспоживання будівлі в програмі RetScreen. На основі наявної інформації про склад будівлі та її енергетичні системи, було побудовано модель базового споживання енергоресурсів. Після цього, спираючись на запропоновані в пункті 2 заходи з енергозбереження, кліматичні умови в місті Київ та режими використання обладнання, було побудовано модель запропонованого енергоспоживання та розраховано строк окупності проекту, з врахуванням фактору інфляції.

Робочий цикл програми RetScreen наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Робочий цикл програми RETScreen

Послідовність виконання моделювання наведено на рисунку 3.2.

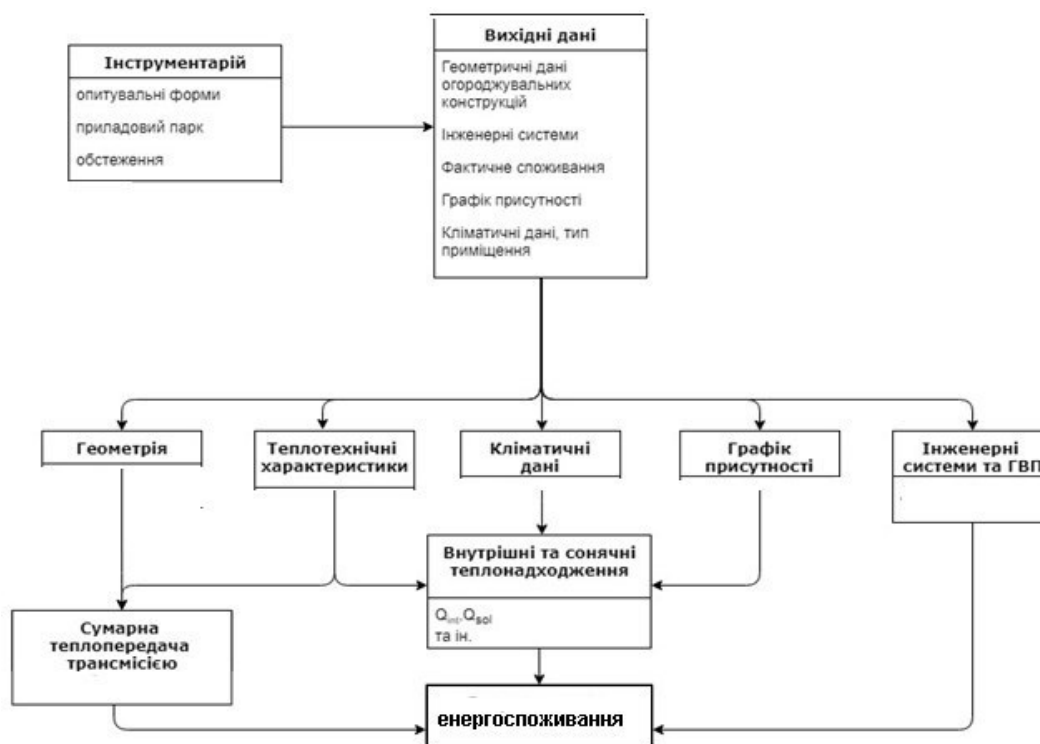


Рисунок 3.2 – Вихідні дані та послідовність визначення енергоспоживання

Однією з переваг програми RetScreen є можливість моделювання енергоспоживання з урахуванням географічного положення об'єкта та кліматичних умов. При цьому враховуються такі фактори як: температура, атмосферний тиск та вологість повітря, сонячні теплонадходження, швидкість вітру тощо. На рисунку 3.3 наведено кліматичні дані, що було використано при моделюванні для даного об'єкта. При моделюванні споживання теплової енергії, було враховано коефіцієнти теплопередачі складових будівлі та ефект від погодного регулювання та зниження температури в неробочі години, завдяки модернізації ІТП. Дані, що було враховано, наведено на рисунках 3.4 та 3.5.

	Розміщення кліматичних даних		Місце розташування проекту	
	Одиниця			
Широта	°N	50,4	50,4	
Довгота	°E	30,6	30,6	
Підняття	м	167	167	
Розрахункова температура опалення	°C	-15,1		
Розрахункова температура охолодження	°C	27,8		
Амплітуда коливань температури землі	°C	22,2		

Місяць	Температура повітря	Відносна вологість	сонячної радіації - на горизонтальній	Атмосферний тиск	Швидкість вітру	Температура землі	Градусо-дні опалювального сезону	від'ємною температурою
	°C	%	кВтгод/м²/день	кПа	м/с	°C	°C-д	°C-д
Січень	-5,6	82,3%	0,79	100,0	3,5	-5,9	732	0
Лютий	-4,2	78,9%	1,27	100,0	3,6	-4,9	622	0
Березень	0,7	73,5%	2,56	99,8	3,6	0,5	536	0
Квітень	8,7	66,1%	3,21	99,4	3,2	9,8	279	0
Травень	15,1	63,1%	4,98	99,5	3,1	16,8	90	158
Червень	18,2	69,5%	5,44	99,3	2,9	19,8	0	246
Липень	19,3	69,7%	5,70	99,3	2,6	22,0	0	288
Серпень	18,6	69,3%	4,62	99,5	2,6	21,8	0	267
Вересень	13,9	75,2%	3,04	99,6	2,8	15,8	123	117
Жовтень	8,1	78,3%	1,80	100,0	2,9	8,5	307	0
Листопад	2,1	84,9%	0,73	99,9	3,2	0,4	477	0
Грудень	-2,3	84,7%	0,58	99,8	3,4	-5,1	629	0
Щорічний	7,8	74,6%	2,90	99,7	3,1	8,4	3 795	1 076
Виміряно в	м				10,0	0,0		

Рисунок 3.3 – Кліматичні дані

Паливо і графіки		Показат дані					
Паливо		Вид палива 1	Вид палива 2	Вид палива 3	Вид палива 4	Вид палива 5	Вид палива 6
Вид палива		Електроенергія	Природний газ -				
Споживання палива - одиниці		МВт-год	кВт-год				
Вартість палива - одиниця		UAH/кВт-год	UAH/кВт-год				
Вартість палива		2,280	1,423				

Розклад	Одиниця	Розклад 1	Розклад 2	Розклад 3	Розклад 4	Розклад 5	Розклад 6
Опис		24/7	1				
Температура - опалення приміщень	°C	22,0	22,0	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий	Зайнятий
Температура - кондиціювання приміщень	°C	27,0	27,0				
Температура - без людей	+/-°C		Незайнятий				
Коефіцієнт зайнятості - в день		год/день	Зайнятий				
Понеділок		24	12,0				
Вівторок		24	12,0				
Середа		24	12,0				
Четвер		24	12,0				
П'ятниця		24	12,0				
Субота		24	0,0				
Неділя		24	0,0				
Коефіцієнт зайнятості - в рік	год/рік	8 760	3 129				
	%	100%	36%				
Температура переключення опалення/охолодження	°C	16,0					
Тривалість опалювального сезону	д	234					
Тривалість сезону охолодження	д	131					

Рисунок 3.4 – Дані про режими роботи системи опалення до/після моделізації індивідуального теплового пункту



**Опалювальна система**

1 2 3 4 5

**Опис**

Централізоване опалення

	Базовий випадок	Запропонований випадок
Вид палива	Вид палива 2	Вид палива 2
Паливо	Природний газ - кВт·год	Природний газ - кВт·год
Сезона ефективність	50	90
Додаткові капітальні затрати	UAH	600 000
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH	

✓ ✗ 📝 🖨️ ?

Рисунок 3.5 – Дані про стан системи опалення до/після проведення ЗЕЗ

**Оболонка будівлі**

1 2 3 4 5

**Опис**

Північна сторона будівлі 0

Розклад Розклад 1 Розклад 2

Опис 24/7 1

	Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати
	Північ	Схід	Південь	Захід	Північ	Схід	Південь	Захід	
<b>Оболонка будівлі</b>									
<b>Стіни</b>									
Площа	м²	477,6	505,8	476,7	474	477,6	505,8	476,7	474
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	1,012	1,012	1,012	1,012	0,239	0,239	0,239	0,239
UAH									3 338 029,5
<input checked="" type="checkbox"/> Вікно									
Площа	м²	144,2	153,3	144,5	179,2	144,2	153,3	144,5	179,2
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	2	2	2	2	1,33	1,33	1,33	1,33
Коефіцієнт теплопотоків від сонячної радіації		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
UAH									2 174 620
<input type="checkbox"/> Сонячне затінення - сезон використання									
<input checked="" type="checkbox"/> Двері									
Площа	м²	10,3	2,4	10,9	8,3	10,3	2,4	10,9	8,3
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	2	2	2	2	1,67	1,67	1,67	1,67
UAH									158 725
<input checked="" type="checkbox"/> Дах									
Площа	м²	1 623,5				1 623,5			
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	0,32				0,147			
UAH									2 817 420
<input checked="" type="checkbox"/> Підлога									
Площа	м²	1 623,5				1 623,5			
Коеф. теплопередачі	(Вт/м²)/°C	0,83				0,244			
UAH									1 071 510
<input type="checkbox"/> Стіна - нижче поверхні землі									
<input type="checkbox"/> Підлога - нижче поверхні землі									

Далі

✓ ✗ 📝 🖨️ ?

Рисунок 3.6 – Дані про стан оболонок будівлі до/після проведення ЗЕЗ

RETScreen

Оболонка будівлі

1 2 3 4 5

Опис

Природна інфільтрація повітря

	Базовий випадок	Запропонований випадок	Додаткові капітальні затрати
Метод	Швидкість повітрообміну		\$
Об'єм	м³	15 199	15 199
Швидкість повітрообміну	змін	0,3	0,2
Природна інфільтрація повітря	л/сек	1266,6	844,4
Додаткові капітальні затрати	UAH	9 560 305	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH	50 000	
Кількість одиниць оболонки будівлі	1		1
Вибір системи	Опалення		Опалення
Опалювальна система	Опалювальна система 1		Опалювальна система 1
Опис опалювальної системи	Централізоване опалення		Централізоване опалення
Опалення	МВт·год	350	141 59,5%

[Назад](#) [Назад](#)

Рисунок 3.7 – Дані про інфільтрацію до/після проведення ЗЕЗ

RETScreen

Вентиляція

1 2 3 4 5

Опис

Метод

1 2

	Базовий випадок	Запропонований випадок	
Розклад	Розклад 1	Розклад 1	
Опис	24/7	24/7	
Потік	м³/год	7 600	7 600
Свіже повітря	%	100	100
Система промперегріву	Ні	Ні	
Вибір системи	Опалення	Опалення	
Управління вентилятором	Розклад	Розклад	
Регулювання вентиляції	Константа	Константа	
Витік в повітряній заслонці на вході	Щільний	Щільний	
Ефективність утилізації тепла	%	0	0
Додаткові капітальні затрати	UAH	0	
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	UAH	0	
Кількість вентиляційних установок	1	1	
Опалювальна система	Опалювальна система 1	Опалювальна система 1	
Опис опалювальної системи	Централізоване опалення	Централізоване опалення	
Опалення	МВт·год	209	209 0,0%

[Назад](#) [Назад](#)

Рисунок 3.8 – Дані про систему вентиляції

В результаті моделювання, було отримано модель енерговитрат будівлі в річному розрізі: до та після проведення заходів з енергозбереження, та проведено порівняння із фактичними даними про енергоспоживання, для перевірки

проведених розрахунків. Дані про результати моделювання наведено на рисунку 3.6 та в таблиці 3.3.

Резюме										Показат дані	

Рисунок 3.9 – Модель базового споживання енергоресурсів

Таблиця 3.3 – Результати моделювання споживання енергоресурсів

	Факт	Розрахунки (п.2)		RetScreen	
		Базовий	Запропонований	Базовий	Запропонований
Електроенергія, МВт·год	63,8	66,1	27,6	64,7	32,4
Природний газ, кВт·год	697 800	569 056	313 428	794 305	220 390

Розбіжність між фактичними та розрахованими (базовими) в п.2 обсягами енергоспоживання складає 18% для споживання тепла, в перерахунку на кВт·год природного газу, та 5% для електроенергії. При моделюванні в програмному забезпеченні RetScreen ця різниця становить 12% та 1% відповідно. Можемо зробити висновок, що моделювання в спеціалізованому програмному забезпеченні здатне дати меншу похибку в розрахунках та наблизити їх до реальних значень.

RETScreen дозволяє виконувати фінансовий аналіз з урахуванням капітальних витрат, темпу інфляції, додаткових щорічних витрат на експлуатацію обладнання, вартості енергоресурсів, очікуваної економії у натуральних та грошових одиницях після впровадження заходів з енергозбереження. За результатами моделювання термін окупності комплексного пакету заходів з термомо-

дернізації будівлі становитиме 10,1 року, що для подібних проектів є прийнятним (рисунок 3.7).

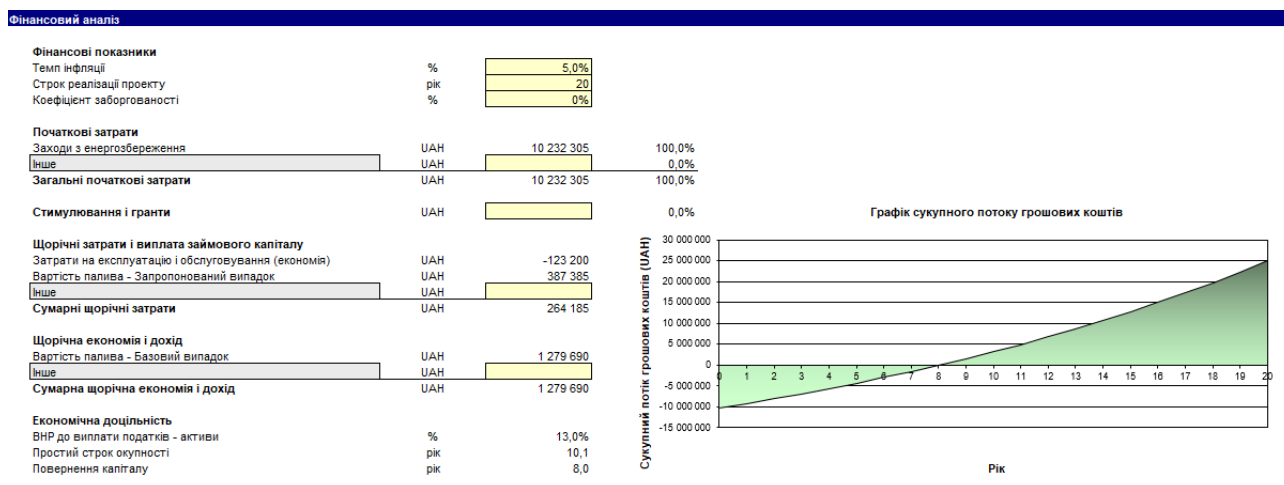


Рисунок 3.10 – Робоче вікно програми «Фінансовий аналіз»

## Висновки до розділу

У цьому розділі магістерської дисертації проведено огляд нормативно-правової бази, яка регулює діяльність у сфері енергоефективності, огляд сучасних підходів до організації ефективного енерговикористання та можливості існуючого програмного забезпечення для моделювання, аналізу, моніторингу та планування енергоспоживання. За допомогою програмного продукту RET-Screen проведено аналіз енергоспоживання будівлі та фінансовий розрахунок доцільності впровадження заходів з енергозбереження.

#### 4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

На момент проведення енергоаудиту в будівлі відсутня система енергоменеджменту (СЕНМ). Пропонується створити відділ СЕНМ, що буде включати в себе керівника (муніципального енергетичного менеджера) і двох-трьох співробітників, що мають чітко визначені функціональні обов'язки, включаючи фахівця з інформаційних технологій, який несе відповідальність за підтримання баз даних системи енергетичного менеджменту [38].

Відповідно до [38] метою створення системи енергетичного менеджменту на об'єкті є підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів шляхом здійснення обліку, контролю, планування, нормування та аналізу витрат, проведення внутрішніх енергоаудитів, впровадження енергозберігаючих заходів, здійснення моніторингу та коригувальних дій у сфері енергозбереження, а також інформування, стимулювання та навчання у сфері енергозбереження.

Відповідно до [38] побудова сучасної системи енергетичного менеджменту передбачає виконання наступних кроків (таблиця 4.1):

Таблиця 4.1 – Побудова сучасної системи енергоменеджменту

№	Назва кроку	Коротка характеристика
1	2	3
1.	Прийняття політичного рішення про впровадження на підприємствах міста та в органах муніципалітету системи енергетичного менеджменту	Таке рішення повинне бути ухвалено громадою на сесії міської, або селищної ради з обов'язковим виділенням коштів із бюджету громади.
2.	Залучення професійних консультантів	Вибір консультанта – доленосний крок в побудові успішної СЕНМ. Основним критерієм відбору консультантів повинна бути саме фаховість, а не тільки кошторис їх послуг. Від професійності консультантів та їх наполегливості, а також від чіткого виконання рекомендацій задіяними спеціалістами міста залежить успішність впровадження СЕНМ
3.	Побудова складових системи енергоменеджменту	Перша і основна складова – персонал служби енергоменеджменту. Друга складова – система обліку енергоресурсів та факторів, які впливають на енергота ресурсоспоживання будівлі. Третя складова – алгоритм прийняття управлінських рішень та дій

Кінець таблиці 4.1

1	2	3
4.	Запуск функціонування циклу енергоменеджменту у відповідності до стандарту ISO 50001	Основою циклу є послідовність наступних процедур: вимірювання енергоспоживання; аналіз енергоспоживання; розробка енергозберігаючих заходів; впровадження енергозберігаючих заходів
5.	Атестація системи енергоменеджменту на відповідність стандарту ISO 50001	Для того, щоб виключити помилки та похибки організаційного характеру, систему енергоменеджменту слід атестувати незалежним органом системи міжнародної стандартизації ISO.
6.	Забезпечення безперервності функціонування циклу енергоменеджменту	Безперервність циклів функціонування енергетичного менеджменту повинна бути закріплена рішенням міської ради та наказами по підприємствах комунальних послуг. Гарантією повинна стати щомісячна доповідь енергоменеджера міста на сесії міської ради, та щорічний звіт енергоаудиторської компанії про стан системи енергоменеджменту міста.

Питання контролю, підвищення ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів повинні вирішуватись на основі точної та оперативно отримуваної інформації. З цією метою доцільно використовувати спеціалізовані програмні продукти. Для прикладу розглянемо комп'ютерну програму «Автоматизовану систему енергомоніторингу» (АСЕМ), що є однією з найбільш часто використовуваних в Україні.

Комп'ютерна програма «Автоматизована система енергомоніторингу» - це комплекс програмного забезпечення для дистанційного обліку та аналізу споживання паливно-енергетичних ресурсів, інформування про порушення в режимі роботи обладнання теплового пункту.

КП «АСЕМ» забезпечує автоматизований облік енергоресурсів на основі даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку теплової енергії, електричної енергії, холодної води, а також збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря всередині приміщень.

Основні функції «АСЕМ» [39]:

- Моніторинг даних енергоспоживання на об'єктах, отриманих в «ручному» режимі;

- Моніторинг даних енергоспоживання на об'єктах, отриманих в «автоматичному» режимі;
- Моніторинг даних енергоспоживання на джерелах постачання;
- Виявлення аварійних ситуацій в роботі систем;
- Інформування відповідальних осіб про аварійні ситуації та порушення в режимах роботи;
- Формування різноманітних звітів для аналізу та прийняття рішень;
- Енергопланування (моделювання та прогнозування енерговитрат на майбутні періоди);
- Захист даних.

Програма містить [39]:

- інформацію про споживання теплової енергії, електричної енергії, холодної води, внутрішню температуру приміщень. Є можливість перегляду інформації за добу, тиждень, місяць та рік;
- зведену інформацію щодо поточних показників вузла обліку теплової енергії, доведених лімітів, внутрішньої температури в приміщеннях.

Інформація може бути представлена в графічному та табличному вигляді.

### **Висновки до розділу**

У цьому розділі наведено рекомендації щодо впровадження системи енергетичного менеджменту в будівлі. Впровадження системи енергоменеджменту з застосуванням сучасних технічних рішень – важливий крок на шляху до підвищення енергоефективності. Здійснення енергомоніторингу дає можливість контролювати споживання енергоресурсів, проводити аналіз даних та приймати ефективні рішення щодо управління енергоспоживанням.

## 5 СТАРТАП-ПРОЕКТ «СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ У ДИТЯЧОМУ САДКУ»

В даному розділі пропонується розглянути можливість впровадження системи моніторингу енергоспоживання у дитячому дошкільному закладі із оцінкою ринкових перспектив. Крім цього, в розділі передбачено розробку бізнес-моделі та підготовку стартап-проекту для розгляду інвесторами Розроблення стартап-проекту виконується відповідно до [40].

### 5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

На початку розроблення стартап-проекту доцільно обґрунтувати цілі етапів його реалізації, що наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап стартап-проекту	Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, подолання певних суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій та устаткування тощо
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї
Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту
Маркетинговий етап реалізації проекту	Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку



## 5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту

Об'єкт дослідження – дитячий дошкільний навчальний заклад. Одним із важливих аспектів функціонування закладів даного типу є підтримка комфортних умов та контроль показників мікроклімату в приміщеннях, де постійно перебувають діти.

Для оптимізації використання енергетичних ресурсів та аналізу даних пропонується забезпечити будівлю системою автоматизованого обліку енергоносіїв. Актуальність ідеї стартап-проекту полягає у широкому розповсюдженні закладів даного типу і, як наслідок, наявності ринку збуту продукції.

Актуальність та новизну інноваційної ідеї стартап-проекту узагальнено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Актуальність та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Ідея полягає у створенні програмного забезпечення для моніторингу та аналізу енергоспоживання та умов мікроклімату у приміщеннях дитячого дошкільного закладу	Енергомоніторинг	Оперативно отримувані дані дають можливість проводити моніторинг енергоспоживання та виявляти аварійні ситуації.
	Аналіз даних	Отримані дані створюють базу даних, що дозволяє формувати різноманітні звіти для аналізу та прийняття рішень, а також здійснювати енергопланування (моделювання та планування енерговитрат на майбутні періоди).
	Контроль умов мікроклімату у квартирах	Датчики, встановлені у приміщеннях фіксують значення показників мікроклімату, система порівнює їх із нормативними значеннями та видає результат і рекомендацію щодо забезпечення показників на нормативному рівні.

### 5.3 Аналіз конкурентного середовища

Аналіз техніко-економічних переваг ідеї стартап-проекту у порівнянні з конкурентами наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Переваги ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	«АСЕМ»	«Енергобаланс»
1.	Аналіз даних, представлення даних у табличному/графічному вигляді)	Так	Так	Так
2.	Введення даних в «ручному» режимі	Так	Так	Так
3.	Введення даних в «автоматичному» режимі	Так	Так	Ні
4.	Можливість комерційного обліку	Так	Так	Так
5.	Виявлення аварійних ситуацій в енергосистемах об'єкту	Так	Так	Ні
6.	Врахування показників мікроклімату у квартирах	Так	Ні	Ні
7.	Аналіз отриманих показників мікроклімату у квартирах	Так	Ні	Ні
8.	Надання системою рекомендацій щодо зменшення енергоспоживання та забезпечення нормативних значень показників мікроклімату	Так	Ні	Ні

За допомогою SWOT-аналізу визначимо потенційні загрози та можливості реалізації стартап-проекту, а також сильні та слабкі сторони (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1. Затребуваність продукту 2. Унікальність продукту 3. Наявність реальних конкурентних переваг ...	1. Висока вартість 2. Відсутність міцної позиції щоб боротися із загрозами ...
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1. Розвиток економіки країни 2. Іноземні інвестиції 3. Входження на нові сегменти ринку	1. Нестабільна політична ситуація в країні 2. Велика ймовірність виникнення нових конкурентів 3. Зростання тиску конкурентів ...

## 5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Для реалізації проекту використовуються матеріальні, інтелектуальні та інформаційні ресурси. Обґрунтовані та узагальнені величини необхідних капіталовкладень на реалізацію стартап-проекту наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
<b>Прямі матеріальні затрати</b>	<b>536,81</b>
витрати комплектуючих виробів	500,0
витрати палива й енергії	11,81
витрати на запасні частини	10,0
інші матеріальні витрати	15,0
<b>Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників</b>	<b>10,0</b>
заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	8,0
премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	2,0
<b>Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників</b>	<b>2,2</b>
<b>Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення</b>	<b>115,52</b>
початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	115,52
<b>Інші прямі витрати:</b>	<b>70,0</b>
витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	25,0
транспортні витрати	5,0
витрати на рекламу	40,0
<b>Загальновиробничі витрати</b>	<b>10,0</b>
витрати на вдосконалення технології й організації виробництва	5,0
інші загальновиробничі витрати	5,0
<b>Всього капіталовкладень на реалізацію проекту</b>	<b>744,53</b>

## 5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Ключові види діяльності, їх опис та результати наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Програмне забезпечення	Необхідно розробити програмне забезпечення для моніторингу та аналізу всіх отриманих даних.	Програмний продукт дасть змогу аналізувати отримані дані і видавати інформацію з результатами.
Сервіс	Необхідно забезпечити обслуговування та контроль справності обладнання, що використовуватиметься.	Обслуговування обладнання (лічильники, датчики, монітори для виведення інформації) та програмного забезпечення забезпечать стабільну роботу системи.

Інформацію про ключових партнерів наведено у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Інформація про партнерські організації

Інформація	Партнер 1	Партнер 2
Повна офіційна назва організації-партнера	ТОВ «СТЛ-ГРУПП»	«ABTO Software»
Місце розташування	Україна, м. Київ, вул. Вікентія Хвойки, 21, офіс 314	Україна, м. Львів, вул. Героїв УПА, 77
Юридичний статус	Товариство з обмеженою відповідальністю	Приватна компанія
Офіційна адреса	Україна, м. Київ, вул. Вікентія Хвойки, 21, офіс 314	Україна, м. Львів, вул. Героїв УПА, 77
Телефон	+38 044 383-2-383	+38 032 242 33 07
Адреса електронної пошти	epluse@stl-grupp.com	office@abtosoftware.com
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Компанія є виробником засобів для вимірювання вологості повітря, температури повітря та вмісту CO <sub>2</sub> у повітрі.	ІТ-компанія є розробником програмного забезпечення.
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Забезпечення необхідною продукцією.	Створення програмного забезпечення.

## 5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

### 5.6.1 Прямі матеріальні витрати

Витрати наведено у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба, грн
1.	Витрати комплектуючих виробів	грн.	7353	68	500 000
2.	Електроенергія	грн. за кВт×год	2,48	4762	11810
3.	МНМА	-	-	-	25 000
Всього:					536 810

### 5.6.2 Витрати на оплату праці

Основна задача енергоменеджера: забезпечення функціонування системи та контроль отриманих даних. Оплата праці здійснюється на основі посадових окладів. До фонду оплати праці підприємства крім заробітної плати персоналу входять і нарахування підприємства по заробітній платі до Пенсійного фонду [41].

Фонд оплати праці (ФОП) це – сукупність заробітної плати працівників підприємства разом із соціальними відрахуваннями до пенсійного фонду, який визначається за формулою:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування до Пенсійного фонду, грн}, \quad (5.1)$$

де ЗП – величина сукупної заробітної плати працівників підприємства, грн;

нарахування до Пенсійного фонду становлять 22%.

Пряма погодинна система оплати праці кількість відпрацьованого працівником часу та обчислюється за формулою:

$$\text{ЗП}_{\text{пряма погодинна}} = \text{ТС} \cdot t, \text{ грн}, \quad (5.2)$$

де  $t$  – кількість відпрацьованих працівником годин, год;

ТС – тарифна ставка оплати праці, грн/год.

Зазначимо, що з 1 вересня 2020 року мінімальна заробітна плата в Україні становить 5000 грн в місяць, тоді мінімальна тарифна ставка оплати праці становитиме:

$$T_{Cmin} = \frac{5000}{22 \cdot 8} = 28,41, \text{ грн}, \quad (5.3)$$

де 5000 – діюча мінімальна заробітна плата в Україні на 1.09.2020, грн.;

22 – кількість робочих днів місяця;

8 – тривалість робочого дня при графіку роботи ”5 через 2” для забезпечення нормативної тривалості робочого тижня – 40 годин, годин.

Таким чином ЗП обчислюємо за формулою (5.2):

$$ЗП_{\text{пряма погод}} = 50 \cdot 160 = 8000, \quad \text{грн}$$

ФОП розрахуємо за формулою (5.1):

$$\text{ФОП} = 8000 + 22\% = 9760, \quad \text{грн}$$

Інформація про структуру персоналу та ФОП зведено у таблицю 5.9.

Таблиця 5.9 – Структура персоналу та ФОП, тис. грн.

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1.	Енергоменеджер	8000	1	8000	24000	96000
Всього				8000	24000	96000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				1760	5280	21120
ФОП				9176	29280	117100

### 5.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Обґрунтування наведені у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів на 2020 рік

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт	Вартість на початку року, грн	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн				
				I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	За рік

Кінець таблиці 5.10

Обладан- ня	68	500000	4	5000	5000	5000	5000	2000 0
МНМА		25000	4	250	250	250	250	1000
Всього				5250	5250	5250	5250	2100 0

#### 5.6.4 Інші прямі витрати

Обґрунтування прямих інших витрат наведено в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.
1. Розробка	Угода	25 000
2. Реклама	Угода	40 000
3. Транспортні витрати	Розрахунки	5 000
Всього:		70 000

#### 5.6.5 Загальновиробничі витрати

Таблиця 5.12 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
Вдосконалення технологій	табл. 5.5	417	5 000
Інші витрати	табл. 5.5	417	5 000
всього:		834	10 000

#### 5.6.6 Умовно-змінні витрати

Витрати наведені у таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Умовно-змінні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)	
		на 1 од.	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	табл. 5.8	7894	536 810
3. Транспортні витрати	табл. 5.11	73,5	5 000
всього:		7 967,5	541 810

### 5.6.7 Умовно-постійні витрати

Витрати наведені у таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн	
		на 1 од.	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл. 5.9	134,9	9 176
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.10	308,8	21 000
5.Реклама	табл. 5.11	588,2	40 000
всього:		1031,9	70 176

### 5.6.8 Накладні витрати

Витрати наведені у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Розрахунок накладних витрат підприємства

Показники	Джерела даних	На одиницю	На рік
1. Умовно-постійні витрати, тис. грн.	табл. 5.14	1,03	70,2
2. Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	60		
3. Накладні витрати, тис. грн.	стр.1 * стр.2 / 100%	1,65	115,52

### 5.6.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Обґрунтування наведено в таблиці 5.16.



Таблиця 5.16 – Обґрунтування собівартості товару (послуги)

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн	
		на одиницю	на рік
1. Умовно-змінні витрати	табл. 5.13	7,97	541,8
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл. 5.15	1,65	115,52
3. Собівартість	стр.1+стр.2	9,62	657,3

### 5.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї

Обґрунтування наведено в таблиці 5.17.

Таблиця 5.17 – Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги)

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.16	грн.	9 618,54
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		68
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7	грн.	220 632
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	50 000
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	50 000
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	25 000
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	10 000
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	15 000
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \times 0,05/0,95$	грн.	52 632
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5) \times 0,18$	грн.	18 000
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1*100%	%	33,7

### 5.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної технології

Обґрунтування вартості обладнання (технології) виконуємо відповідно до [40]. Відповідно до розділу 5 Податкового кодексу України, податок на додану вартість (ПДВ) перетворює вартість товару (послуги) на його ціну. Вели-

чина ПДВ становить 20% доданої вартості товару (послуги) [42]. В таблиці 5.18 наведено результати обґрунтування величини ПДВ та ціни техніки (технології).

Таблиця 5.18 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.16	грн.	9 618,54
2. Норма рентабельності	табл. 5.17	%	33,7
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 × п.2 / 100%	грн.	3 241,45
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	12 859,99
5. ПДВ	п.4×0,2	грн.	2 572,0
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	15 431,99

Результат маркетингового дослідження на продукти-аналоги наведено в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Порівняльний аналіз ціни з цінами конкурентних товарів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 5.18	грн.	15 431,99
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку	Маркетингове дослідження ринку		
Мінімальна		грн.	13 000
максимальна		грн.	21 000
середня		грн.	15 000
3. Скоригована ціна реалізації			15 400

## 5.9 Цільові групи потенційних споживачів

Виявлені цільові групи потенційних споживачів та базові стратегії розвитку наведено у таблицях 5.20 і 5.21.

Таблиця 5.20 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Державні установи	Високий	Слабка	Низька складність
2	Житловий фонд	Середній	Середня	Середня складність
4	Промисловість	Нижче середнього	Середня	Досить складно
5	Інжиніринг	Слабкий	Відсутній	Малоймовірно

Таблиця 5.21 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Кілька сегментів	Диференційований маркетинг	Якісне обладнання, адаптивність, постійний зв'язок зі споживачем	Стратегія диференціації

### 5.10 Канали збуту

Відповідно до [22] канали збуту — це сукупність фірм або окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють переданню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Потенційними каналами збуту є енергосервісні компанії, що займаються проведення комплексних енергоаудитів та реалізацією енергозберігаючих заходів. Процес продажу буде включати переговори, демонстрацію обладнання та технологій. Формування системи збуту наведено в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Формування системи збуту.

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
---	---	--------------------------

Кінець таблиці 5.16

Закупівля на основі запропонованих переваг продукту	Стимулювання, встановлення контактів, проведення переговорів	Пряма та традиційна система збуту
---	--	-----------------------------------

### 5.11 Бізнес-модель проекту

Таблиця 5.17 – Бізнес-модель проекту

Ключові партнери	Ключові види діяльності  Програмне забезпечення Сервіс	Цінність пропозиції  1. Широкий споживачий сегмент 2. Цінність пропозиції полягає у забезпеченні споживачів унікальним продуктом, який дозволяє здійснювати автоматичний моніторинг та аналіз даних, що дає змогу економити енергію та кошти.	Взаємовідносини з клієнтами  Постійний зв'язок зі споживачами	Споживчі сегменти  Житловий фонд Державні установи Промисловість
	Ключові ресурси  1. Матеріальні ресурси (обладнання, витратні матеріали) 2. Інтелектуальні ресурси (розроблене програмне забезпечення) 3. Трудові ресурси (висококваліфіковані працівники) 4. Капітальні ресурси (власні кошти та залучені інвестиції)		Канали збуту  Прямий продаж продукту, реклама в тематичних журналах та газетах, онлайн реклама, отримання грантів та написання рекламних статей.	
Структура собівартості: 1. Витрати разові (капітальні): 744 530 грн 2. Витрати постійні: 1031,9 грн/одиночку 3. Витрати змінні: 7 967,5 грн/одиночку			Потоки надходження доходу: 1. Дохід від реалізації продукту 2. Сервіс	

### Висновки до розділу

У даному розділі оцінено ринкові перспективи впровадження системи моніторингу енергоспоживання та умов мікроклімату у дошкільному навчальному закладі та створено бізнес-модель. Також проведено відповідні розрахунки.

ки, що дають можливість оцінити інвестиційну привабливість проекту та зробити висновок про доцільність впровадження технології. За даними, що наведені у розділі можна зробити висновок, що запропонований стартап-проект є досить перспективним і його реалізації є доцільною. В таблиці 5.18 наведено основні техніко-економічні показники стартап-проекту.

Таблиця 5.18 – Основні техніко-економічні показники

Річний випуск продукції, од.	68
Капіталовкладення, тис. грн.	744,53
Собівартість продукції, тис. грн.	9,62
Ціна продукту, грн	15 400
Прибуток, тис. грн.	220,42
Рентабельність, %	33,7
Коефіцієнт економічної ефективності	0,297
Період повернення капіталовкладень, років	3,37

## ВИСНОВКИ

Об'єктом дослідження був дитячий садочок в місті Київ. В ході виконання обстеження було розглянуто та проаналізовано усі діючі енергетичні системи будівлі, їх поточний стан та параметри. За результатами проведеного дослідження були запропоновані заходи з енергозбереження, які могли б підвищити рівень енергоефективності даної будівлі. Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованих заходів з точки зору не лише експлуатаційної, а й економічної, було проведено відповідні розрахунки.

Заходи з енергозбереження в системі теплопостачання:

- заміна вікон на енергоефективні;
- утеплення зовнішніх стін;
- утеплення даху;
- утеплення підлоги;
- модернізація індивідуального теплового пункту;

Загальна економія від впровадження розглянутих заходів у грошовому еквіваленті складе 757,23 тис. грн. за рік.

Заходи з енергоефективності та енергозбереження в системі електропостачання (лише для місць загального користування):

- заміна ламп на світлодіодні;
- встановлення датчиків руху;
- заміна кухонного обладнання;
- відмова від масляних калориферів;

Грошова економія після реалізації запропонованих заходів в системі електропостачання складе 95,63 тис. грн. за рік. Відмова від масляних калориферів дозволить зменшити строк окупності заходів із збереження теплової енергії.

Було розраховано терміни окупності заходів з енергозбереження, за результатами яких можна зробити висновок, що їх впровадження є економічно доцільним.

Було проведено аналіз енергоспоживання до та після проведення заходів з енергозбереження за допомогою програми RetScreen.

Важливим заходом на шляху до підвищення енергоефективності є впровадження системи енергетичного менеджменту. Було наведено рекомендації щодо впровадження системи енергетичного менеджменту в будівлі.

В якості стартап-проекту було запропоновано створення системи автоматизованого обліку енергоносії. Було аналіз актуальності та конкурентоспроможності проекту, проведено розрахунки його економічної доцільності та рівня рентабельності .

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities – 04.01.2003. – p. 65 – 71
2. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. – 2010, L153. – p. 13-35.
3. EN 15316-2-1:2007. Heating system in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 1. – CEN. – 2007.
4. EN 15217:2007. Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings. – CEN. – 2007. – 31 p.
5. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. – CEN. – 2007.
6. EN 12831:2003. Heating system in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2003.
7. EN 13829:2000. Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method. – CEN. – 2000.
8. EN 14501:2005. Blinds and shutters. Thermal and visual comfort. Performance characteristics and classification. – CEN. – 2005. – 28p.
9. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. - CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 76 p.
10. EN 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. – CEN. – 2005. – 64 p
11. EN 15603:2008. Overall energy use and definition of energy ratings. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 43p.
12. EN 13790:2008. Calculation of energy use for space heating and cooling. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 53 p.



13. Управління ефективністю енерговикористання вищих навчальних закладів / Білоус І.Ю., Дешко В.І. та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 157 с.
14. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП. – Чинний від 2016-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 140 с.
15. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. – Чинний від 2016-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 25 с.
16. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та сертифікації будівель (EN 1527:2007, IDT). – Чинний від 2014-04-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 37 с.
17. ДСТУ EN 15459-1:2017 Енергоефективність будівель. Процедура економічного оцінювання енергетичних систем будівлі. Частина 1. Процедури розрахунку, Модуль М1-14 (EN 15459-1:2017, IDT). – Чинний від 2018-07-01. Київ: Мінрегіон України, 2017.
18. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). – Чинний від 2014-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 84 с.
19. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN 13790:2008, IDT). – Чинний від 2013-07-01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 135 с.
20. ДБН В.2.6-31:2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 2017-05-01. – Київ: Мінрегіон України, 2017. – 31 с.
21. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації будинків. – Чинний від 2015-10-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 67 с.
22. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту. – Чинний від 2017-10-01. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 47 с.
23. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). – Чинний від 2020-09-15. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 47 с.

- 24.ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. – Чинний від 2013-07-01. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 71 с.
- 25.Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації: Закон України від 01.01.2019 №327-VIII. – *Відомості Верховної Ради України*. – 2015. – №26. – Ст. 220. – 8 с.
- 26.Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації: Закон України від 09.04.2015 №328-VIII. – *Відомості Верховної Ради України*. – 2015. – №26. – Ст. 221. – 2 с.
- 27.Про затвердження типового енергосервісного договору: Постанова КМУ від 21.10.2015р. – № 845.
- 28.Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель / Барзилович Д.В., Фаренюк Г.Г. // Будівельні конструкції. Вип.77. – К.: НДІБК, 2013. – с. 3-9.
- 29.ДБН В.1.2-11:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. – Чинний від 2008-10-01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 14 с.
- 30.ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання. – Чинний від 2014-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 323 с.
- 31.ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – Чинний від 2010-16-12. – Київ: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2011. – 142с.
- 32.ДБН В.2.6-3:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 2016-07-08. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 37с.
- 33.Тарифи на теплову енергію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:

- <https://kte.kmda.gov.ua/tarufu/> (дата звернення 10.10.2020).
- 34.ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Чинний від 2010-10-01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 96 с.
  - 35.В.А. Попов, В.В. Ткаченко, О.С. Ярмолук. Методичні вказівки до виконання практичних занять, контрольних і самостійних робіт, курсового проекту з дисципліни для студентів напрямів підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» та 6.05060 «Теплоенергетика»: навч. по-сіб. Київ, 2014. 17с.
  - 36.ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "КИЇВСЬКА ОБЛАСНА ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНА КОМПАНІЯ" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://koec.com.ua/page?root=23> (дата звернення 10.10.2020).
  - 37.Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2011, IDT) (ISO 50001:2011(E) «Energy management systems – Requirements with guidance for use»). ДСТУ ISO 50001:2014. – Чинний від 2015-01-01. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. – 27 с.
  - 38.Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М. Іншеков, Є.Є. Нікітін, М.В. Тарновський, А.В. Чернявський. – К.:2014. – 247 с.
  - 39.Інструкція з користування АСЕМ [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://asem.com.ua/asem/static/docs/instruction.pdf> (дата звернення 10.10.2020).
  - 40.Стартап-проект: Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту»: [Електронний ресурс]: навч. посібник / П.В. Круш, Н.А. Шевчук, О.І. Андрусь / КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с.
  - 41.Економіка підприємства: Книга 1. [підручник для студентів вищих навч. закладів]; за заг.ред. П.В. Круша, К.В. Шелехова. – К.: ДП «НВЦ Пріоритети», 2014. – 676 с.
  - 42.Податковий кодекс України: Закон України від 02.12.2010 №2755-VI. *Відомості Верховної Ради України*. – 2011. – №13-14, №15-16, №17. – Ст.112. – 20 с.